This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

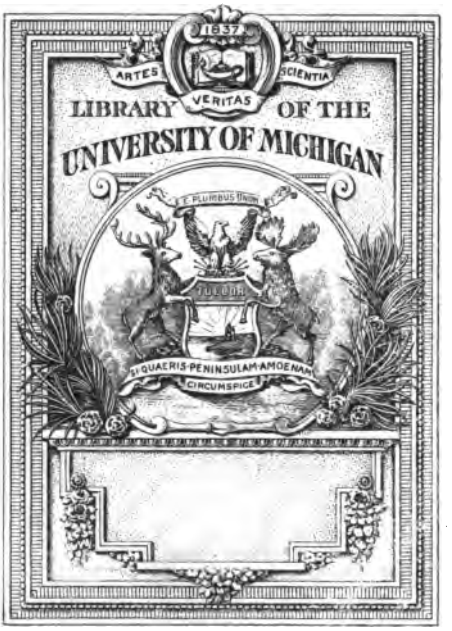
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

QC
1
.D487

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1889.

Achter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.

Berlin.
Druck und Verlag von Georg Reimer.
1890.

Inhaltsverzeichniss*).

	Seite
H. von Helmholtz. Zur Erinnerung an R. Clausius	1
*A. Kundt. Ueber die Brechungsexponenten der Metalle	7
Geschenke	7
A. König. Ueber die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Lichtintensität bei spectraler Beleuchtung	9
*A. Kundt. Photographie eines Stückes vom Cyanspectrum	12
W. Michelson. Ueber die Entzündungsgeschwindigkeit explosiver Gasgemische	13
W. Preyer. Ueber Combinationstöne	15
H. W. Vogel. Photographien von Beugungsspectren	20
*F. Neesen. Demonstration einiger Apparate	21
*— — Aenderungen an der Quecksilberluftpumpe	21
*W. Wolff. Die Quelle der Stromarbeit in Sauerstoffzellen	21
Geschenke	22
*H. Rubens. Ueber selective Reflexion der Metalle	23
*W. Preyer. Acht Briefe von Rob. Mayer aus den Jahren 1842 und 1844 über das mechanische Wärmeäquivalent	23
Geschenke	28
R. Assmann. Mikroskopische Beobachtungen der Structur des Reifes, Rauhreifes und Schnees	25
*O. Liebreich. Demonstration von Experimenten, welche die Bildung des todten Raumes bei chemischen Reactionen erklären	30
*A. Köpsel. Vorzeigung einer Mannesmann'schen Stahlröhre	30
Geschenke	30
*J. Rosenthal. Ueber physiologisch-calorimetrische Versuche	31
*— — Demonstration einer nichtleuchtenden Flamme	31
O. Frölich. Neue Methode der Beobachtung von Schwingungscurven	31
*O. Reichel. Demonstration an einem Pulshammer	34
Geschenke	34
Nachruf an Paul du Bois-Reymond	34
*A. Kundt. Elektromagnetische Circularpolarisation in doppeltbrechenden Medien	35

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

Seite

W. König. Optische Analogien zu den neuern Versuchen von Hrn. H. Hertz 35
Geschenke 40
Geschäftliches 41
*A. König. Ueber den neuen photographischen Momentapparat von Hrn. Ottomar Anschütz 42
*E. Budde. Ueber den von Hrn. O. Liebreich beschriebenen todten Raum bei der Chloral-Soda-Reaction 42
Geschenke 42
*R. Börnstein. Blitzphotographie 43
E. Pringsheim. Versuche mit einem Phonautographen 43
C. Dietzrici. Das specifische Volumen des bei 0° gesättigten Wasserdampfes 46
Geschenke 50
R. von Helmholtz. Strahlungsenergie von Flammen 51
E. Budde. Tautologische Contacte in der Mechanik des starren Körpers 54
Geschenke 56
*O. Frölich. Experimentelle Darstellung einer neuen Methode zur Beobachtung von Schwingungscurven 57
*J. Gad. Untersuchungen über die Theorie der Muskelzusammenziehung 57
Geschenke 57
Nachruf an Rob. von Helmholtz und Albrecht Müller 59
*W. von Bezold. Ueber die verschiedenen Ursachen der Wolken- und Niederschlagsbildung 60
H. von Helmholtz. Zur Theorie von Wind und Wellen 61
J. Pernet. Ueber den Edison'schen Phonographen neuester Construction 77
Geschenke 79
C. F. Lehmann. Ueber das babylonische metrische System und dessen Verbreitung 81
Geschenke 102
*M. Planck. Ueber Elektricitäts- und Wärmeerregung in verdünnten elektrolytischen Lösungen 103
*A. Kundt. Die Original-Luftpumpe von Otto von Guericke . . 103
Geschenke 103
R. Assmann. Demonstration eines Aspirations-Psychrometers . . . 105
Mitgliederliste 111

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 11. Januar 1889.** Nr. 1.
Ausgegeben am 4. April.

Inhalt: H. v. Helmholtz. Zur Erinnerung an R. Clausius. 1—6. — *A. Kundt. Ueber die Brechungsexponenten der Metalle. 7. — Geschenke. 7—8.

Vorsitzender: Hr. H. von Helmholtz.

Hr. **H. v. Helmholtz** sprach folgende Worte zur Erinnerung an Rudolph Clausius:

Meine Herren!

Noch ehe ein Jahr nach dem Tode G. Kirchhoff's vergangen war, hat auch unsrer Gesellschaft das an grossen Todten reiche Jahr 1888 wieder einen grossen Meister der Wissenschaft geraubt. Er starb im August während der Unterbrechung unserer Sitzungen. Da wir seiner damals nicht unmittelbar gedenken konnten, glaubte Ihr Vorstand es passend, wenn bei der Jahreswende daran erinnert werde, was er der Wissenschaft und uns gewesen ist.

Rudolph Clausius ist 1822 in Cöslin geboren; er studirte Mathematik und Physik hier in Berlin, hauptsächlich unter Magnus Leitung, an dessen physikalischem Colloquium er regen Antheil nahm. Es waren Theilnehmer dieses Colloquium, aus denen der erste Kern unserer Physikalischen Gesellschaft sich im Jahre 1845 bildete. Clausius selbst trat aus persönlicher Rücksicht auf Magnus, der, wie er glaubte, dieses Selbständig-

werden seines Colloquium nicht gern sah, erst im Jahre 1851 als Mitglied in die Gesellschaft ein. Er habilitirte sich zunächst hier in Berlin als Privatdocent, indem er gleichzeitig die Lehrerstelle für Physik an der Artillerieschule übernahm. Ich habe ihn im Winter 1848—1849 fast täglich hier gesehn, da wir und G. Wiedemann in derselben Restauration zu essen pflegten. Er war gleich von vorn herein sehr entschieden der mathematischen Physik zugewendet; auch wurde eine strenge Theilung der Arbeit zwischen mathematischen und experimentirenden Physikern von G. Magnus grundsätzlich empfohlen und begünstigt. Clausius imponirte uns schon damals durch die Schärfe seines mathematischen Denkens und durch sein Wissen, obgleich er in seinem eignen Gedankenkreis abgeschlossen sich nicht besonders mittheilsam zeigte, auch nicht die breit ausgebauten Pfade wissenschaftlicher Methoden, sondern seine eigenthümlichen Gedankenwege zu wandeln liebte. Er wurde 1855 als Professor an das Polytechnicum in Zürich, 1857 auch an die dortige Universität berufen. Von da ging er später nach Würzburg, und endlich als Nachfolger von Plücker nach Bonn, wo er die letzten zwei Jahrzehnte seines Lebens wirksam gewesen ist.

Seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten bezogen sich auf die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre. Die Theorie derselben behielt dauerndes Interesse für ihn und er kam wiederholt auf dieselbe zurück, namentlich auch weil seine Hypothese hohler Nebelbläschen vielfachen Widerspruch erregte, und nicht ganz denselben Beifall fand, wie seine späteren Arbeiten.

Im Jahre 1850 folgte diesen optischen Untersuchungen noch hier in Berlin seine berühmte Arbeit über die bewegende Kraft der Wärme, der sich eine lange Reihe andrer anschlossen, welche die dort gewonnenen Begriffe

theils zu vertiefen, genauer und allgemeiner zu fassen suchten, theils dieselben in immer weiter alle Gebiete der Physik umfassende Folgerungen zu entwickeln strebten.

Die genaue Formulirung des sogenannten zweiten Satzes der mechanischen Wärmetheorie, dessen Kern allerdings schon von Sadi Carnot aber in einer nur für engste Temperaturintervalle richtigen Form aufgespürt war, dessen hohe Bedeutung, Allgemeingültigkeit und Fruchtbarkeit aber erst durch die von Clausius gegebene strenge Fassung gewonnen und verwirklicht wurde, ist nicht nur eine der wichtigsten, sondern auch eine der überraschendsten und originellsten Leistungen alter und neuer Physik: wichtig, weil so weit wir bis jetzt wissen, das genannte Gesetz eines der wenigen ist, die absolute Allgemeingültigkeit unabhängig von aller Verschiedenheit der Naturkörper beanspruchen können, und weil es die überraschendsten Verknüpfungen zwischen den entferntesten Zweigen der Physik eröffnet, mit deren Aufsuchung wir noch lange nicht fertig sind. Letzteres zeigte sich noch in jüngster Zeit z. B. in der Entwicklung der modernen chemischen Mechanik, deren Sätze so weit sie fest und sicher sind, wesentlich auf jenem Gesetze beruhen. Originell ist es theils in seiner Entdeckungsgeschichte, wie kaum ein anderes, theils dadurch, dass es trotz seiner uneingeschränkten Allgemeingültigkeit bisher weder einen wirklich allgemeinen und strengen mechanischen Beweis erhalten hat, noch auch der mechanischen Anschauung leicht fassbar ist. Im Gegentheil erfordert sein Verständniss einen hohen Grad von mathematischer Abstraction und ist deshalb ziemlich schwer zugänglich.

Carnot, der die erste Spur gefunden, die zur Kenntniss dieses Weltgesetzes führte, arbeitete noch unter der Vorstellung, dass Wärme ein Stoff sei, und wie ein solcher unzerstörbar und unvermehrbar. Indem er den Vor-

gängen nachspürte, bei denen Wärme mechanische Arbeit leisten kann, fand er, dass dies nur der Fall sei, wenn sie sich ausbreitet auf grösseren Raum d. h. von heissen zu kalten Körpern übergeht, ähnlich etwa, wie ein Gas arbeitet, indem es sich ausdehnt.

Indem er die Frage des Perpetuum mobile stellte, ergab sich leicht, dass ein solches nur dann unmöglich sein würde, wenn Rückführung der Wärme aus kälteren in wärmere Körper einen entsprechenden Arbeitsaufwand erforderte, wie der entgegengesetzte Uebergang vorher geleistet hatte, und dass ausserdem dieser Aufwand unabhängig von der Natur des übertragenden Körpers sein müsse. Damit war im wesentlichen richtig das Gesetz gegeben, so weit es sich auf verschwindend kleine Temperaturunterschiede bezieht.

Nun aber waren in den Jahren, die dem ersten Aufsatze von Clausius vorausgingen, die Arbeiten über Erhaltung der Kraft so weit gediehen, dass es unmöglich wurde an die stoffliche Natur der Wärme weiter zu glauben. Damit fiel eine wesentliche Voraussetzung von Carnot's Deduction. Was nun von dessen Folgerungen denken? Das war zu jener Zeit nicht leicht zu entscheiden. Ich kann darüber Zeugniss ablegen, denn ich selbst habe bei der Abfassung meiner Abhandlung „über die Erhaltung der Kraft" vor dieser Frage gestanden. Ich habe mich damals dabei beruhigt, dass einige von Carnot's Folgerungen wohl thatsächlich richtig sein könnten, wenn auch der Beweis ungenügend war, und habe es der Zukunft überlassen darüber zu entscheiden. Auf Clausius und gleichzeitig auf W. Thomson hat aber doch die Richtigkeit der Thatsachen einen grösseren Eindruck gemacht, und sie haben ziemlich gleichzeitig und unabhängig von einander die Untersuchung unternommen, wie Carnot's Gesetz mit dem Gesetze des

mechanischen Wärmeäquivalents zu verbinden sei. Clausius gewann dabei die Priorität.

Ich will hier nicht auf die vielen wohlbekannten Folgerungen aus dem Clausius'schen Gesetze eingehen, wie sie für die Lehre von den Gasen und Dämpfen, deren latenter und specifischer Wärme, den Aenderungen der Schmelztemperaturen, für die thermoelektrischen Ketten und Peltier's Phänomen gezogen sind; dazu würde ein Abend nicht genügen und ausserdem sind es Themata, die in jedem Cursus der Physik jetzt behandelt werden. Ich will nur an die grossen allgemeinen Folgerungen erinnern. Auf diesem Gesetze beruhte zunächst die Möglichkeit, einen von den besonderen Eigenschaften irgend eines einzelnen Naturkörpers freien Begriff der absoluten Temperatur auszubilden, und die verschiedenen Thermometerscalen darauf zu reduciren. Gleichzeitig wurde dadurch ein ganz besonderer Charakter der Wärmebewegung festgestellt, wodurch sie sich von allen andern Kraftäquivalenten unterscheidet. Während die andern beliebig in einander übergeführt werden können, ist dies für die Wärme nur in begrenztem Maasse der Fall, wenigstens so lange wir nicht auf den Nullpunkt der absoluten Temperatur zurückgehen können. Aber eben, weil das Maass dieser Bindung gleichzeitig von der Temperatur, bis zu der wir hinabgehen können, abhängt, war es schwer dasselbe in einen festen Begriff zu bringen. Nach einem solchen hat Clausius offenbar lange gesucht. Er formulirte zuerst den Begriff der Disgregation, war aber offenbar selbst damit nicht vollständig zufrieden, da derselbe noch nicht vollkommen frei von hypothetischen Voraussetzungen über die Art der inneren Bewegung der warmen Körper gemacht werden konnte. Endlich gelang es ihm den gesuchten Begriff, als den der Entropie, so zu begrenzen, dass darin nur beobachtbare thatsächliche Verhältnisse aufgenommen wurden.

Mit der Auffindung dieses Begriffs hing demnächst die berühmte Folgerung zusammen, dass bei allen bekannten Naturprocessen die Summe der Entropie im Weltall immer nur zunehmen kann; dass also alle Vorgänge in der Welt unaufhaltsam gegen ein Ziel fortschreiten, dem der Ruhe im Temperaturgleichgewicht.

Diese Verhältnisse erschienen der bisherigen Mechanik gegenüber, die überwiegend eine Mechanik innerlich ruhender Molekeln war, höchst fremdartig und schwer fassbar. Clausius hat selbst noch erkannt, dass der Grund der Fremdartigkeit in der innern Bewegung der Molekeln stecke, und deshalb Hamilton's allgemeines Princip der Mechanik herbeigezogen, welches die auf bewegte Körpersysteme einwirkenden Kräfte definirt. Aber er hat es nur unter eng begrenzten Annahmen über die Art der Bewegung anwenden können. Ich selbst habe mich bemüht den Kreis dieser Fälle zu erweitern. Aber der vollkommen allgemeine Beweis fehlt noch immer.

Nachdem er hier auf die weitgreifende Bedeutung von Hamilton's Princip aufmerksam geworden, hat er dasselbe auch noch zur Zusammenfassung des ganzen Gebiets der Elektrodynamik angewendet.

Er war ein äusserst scharfer und intensiver Denker, der seinen eigenen Weg und seine eigenthümlichen Methoden verfolgte, und nicht ruhte, so lange noch etwas unsicher Begrenztes im Bereiche seiner Arbeit stehen blieb, auch nicht ruhte, so lange er nicht den ganzen Umkreis des von ihm erfassten Gebietes durchmessen und es so weit urbar gemacht hatte, als die vorhandene Kenntniss der Thatsachen es zuliess. In der festen und richtigen Hinstellung des nach ihm benannten Gesetzes der Wärme hat er der Menschheit einen unvergesslichen Dienst geleistet, dessen Früchte nicht verloren gehen können, so lange menschliche Wissenschaft bestehen wird.

Hr. **A. Kundt** machte darauf Mittheilung über die von ihm ausgeführte Bestimmung der Lichtbrechungsexponenten in Metallen und deren Abhängigkeit von der Temperatur. Der Inhalt des Vortrags ist bereits veröffentlicht in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Sitzungen vom 16. Februar und 20. December 1888).

Geschenke.

G. H. Darwin.* On the Mechanical Conditions of a Swarm of Meteorites and on the Theories of Cosmogony. Sep.-Abd. Proc. of the Lond. Roy. Soc. Vol. 45.

A. Searle.* Atmospheric Economy of Solar Radiation. Sep.-Abd. Proc. of the Americ. Academy 1888.

A. Righi.* Sui Fenomeni elettrici provocati dalle Radiationi. Bologna 1888.

*O. Frölich. Ueber das Gesetz der Absorption der Sonnenwärme in der Atmosphäre. Sep.-Abd. Meteorol. Zeitschr. 1888.

*— — Ueber die elektrischen Vorgänge im Anker der Dynamomaschine. Sep.-Abd. Elektrotechn. Zeitschrift 1888.

*A. Kundt. Ueber die Brechungsexponenten der Metalle. Sep.-Abd. Sitzber. der Berl. Akad. 16. Febr. 1888.

*A. König. Ueber den Einfluss von santoninsaurem Natron auf ein normales trichromatisches Farbensystem. Sep.-Abd. Centralbl. f. prakt. Augenheilk. 1888.

*L. Grunmach. Untersuchungen über die Aenderungen des galvanischen Leitungswiderstandes verschiedener Körper bei Aenderung ihres Aggregatzustandes. Sep.-Abd. Wied. Ann. XXXV.

J. Delsaulx.* Sur la théorie cinétique des phénomènes capillaires. Sep.-Abd. Ann. de la Société scientifique de Bruxelles 1887-1888.

— —* Sur la tension électrique suivant les lignes de forces dans les milieux diélectriques. Sep.-Abd. Ann. de la Soc. scientif. de Bruxelles 1887-1887.

Instruktion für die Beobachter an den meteorologischen Stationen II., III. und VI. Ordnung. Kgl. Preuss. Meteorologisches Institut*. Berlin 1888.

S. P. Langley.* Energy and Vision. Sep.-Abdr. aus Sillim. Journ. Vol. XXXVI.

*W. JÄGER. Ueber die Schallgeschwindigkeit in Dämpfen und die Bestimmung der Dampfdichte. Sep.-Abd. WIED. Ann. XXXVI.

*R. RITTER. Ueber die Reflexion des Lichtes an parallel zur optischen Axe geschliffenem Quarz. Sep.-Abdr. WIED. Ann. XXXVI.

S. P. LANGLEY.* Address of S. P. LANGLEY, president of the American Association for the Advancement of Science. Delivered at the Cleveland Meeting, August 1888. Salem Press 1888.

E. REYER.* Theoretische Geologie. Stuttgart 1888.

Note sur les derniers progrès de la question de l'unification du calendrier dans ses rapports avec l'heure universelle. Aux universités et corps savants représentés aux fêtes du huitième centenaire de l'université de Bologne. Bologne 1888. (R. Academie des sciences de l'institut de Bologne.)

G. HOLZMÜLLER.* Mechanisch-technische Plaudereien. Sep.-Abd. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Bd. 33.

Mittheilungen der Section für Höhlenkunde des Oesterreichischen Touristen-Club. Jahrg. VII, Nr. 3 und 4. Wien 1888.

Uebersicht über die Geschäftsthätigkeit der Aichungsbehörden während des Jahres 1887. Herausgegeben von der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission. Berlin 1888.

CH. FIEVEZ.* Nouvelles recherches sur l'origine optique des raies spectrales en rapport avec la théorie ondulatoire de la lumière. Sep.-Abd. Bulletin de l'Acad. royale de Belgique. 3me serie. t. XVI. Nr. 7. 1888.

*FR. KÖTTER. Beitrag zur Lehre von der Bewegung eines festen Körpers in einer incompressiblen Flüssigkeit. Sep.-Abd. Archiv der Math. u. Phys. 2. Reihe, Theil VI.

H. KRÜSS.* HARCOURT's Pentanlampe. Sep.-Abd. SCHILLING's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung (1888).

Jahrbuch für Photographie und Reproductionstechnik für das Jahr 1889. Halle a. S. 1889. Nebst einer Mappe mit 50 artistischen Tafeln.

Photographische Rundschau. Jahrg. III, Heft 1. Halle a. S. 1889.

G. PLANTÉ. Die elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre. Deutsche Ausgabe besorgt von J. WALLENTIN. Halle a. S. 1889.

G. PŘIBRAM. Ueber Rotationsänderungen der Weinsäure in gemischten Lösungen. Sep.-Abd. Chemische Ber. Jahrg. XXII, Heft 1.

*F. M. STAPFF. Das „glaziale Dwykakonglomerat Südafrikas". (Allgemein-verständliche naturwissenschaftliche Abhandlungen. Heft 5.) Berlin 1889.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 25. Januar 1889.** Nr. 2.
Ausgegeben am 11. April.

Inhalt: A. König. Ueber die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Lichtintensität bei spectraler Beleuchtung. 9—12. — *A. Kundt. Photographie eines Stückes vom Cyanspectrum. 12.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **A. König** berichtet über Versuche, welche auf seine Veranlassung Hr. **W. Uhthoff** angestellt hat

über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Lichtintensität bei spectraler Beleuchtung.

Frühere Versuchsreihen desselben Beobachters, über welche an diesem*) und an anderm**) Orte schon berichtet worden ist, bezogen sich bereits auf die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Lichtintensität. Damals wurden aber die Bestimmungen der Sehschärfe entweder bei weissem, d. h. alle Wellenlängen des sichtbaren Spectrums enthaltendem Lichte oder solchem Lichte, welches von farbigen Pigmenten reflectirt war, ausgeführt. Die wesentlichen Mängel dieser letzten Versuchsreihen bestanden darin, dass auch bei den besten farbigen Pigmenten niemals von spectraler Reinheit die Rede sein kann und dass vor allem bei Grün und Blau nur geringe Intensität zu erzielen ist.

Es wurde bei den jetzigen Versuchen vermittels eines Hohlprismas von ungefähr 10 cm Durchmesser, welches mit zimmtsaurem Aethyläther gefüllt war, und einer entsprechenden achromatischen Linse ein Spectrum von ungefähr 20 cm Ausdehnung

*) A. König. Verhandlungen der Physikal. Gesellsch. zu Berlin. 1885. Sitzung vom 4. December.

**) W. Uhthoff, Gräfe's Archiv für Ophthalmologie Bd. 32(1) S. 171 1886.

entworfen. In der Ebene des Spectrums, die etwa $2^1/_2$ m von der Linse entfernt waren, befand sich ein Schirm, der eine kreisrunde Oeffnung von 2 mm Durchmesser enthielt. Blickte man nun durch diese Oeffnung gegen die Linse hin, so sah man diese als eine runde Fläche von ungefähr 2° scheinbarem Durchmesser, erleuchtet in derjenigen Spectralfarbe, welche durch die kleine Oeffnung hindurch in das Auge gelangte. Indem man den Schirm verschob, konnte jeder Theil des Spectrums eingestellt werden. Diese Oeffnung und die genannte Linse war durch eine Gleitbahn verbunden, auf der die in Stanniol ausgeschlagenen und zwischen zwei Glasplatten festgeklemmten Sehzeichen hin- und her geschoben werden konnten. Als Lichtquelle diente meistens ein Triplex-Gasbrenner. Die Aenderung der Intensität geschah durch Aenderung der Breite des dicht vor dieser Lampe stehenden Spaltes. — Die Beschreibung der verschiedenen Vorversuche, welche zur Auffindung der Fehlerquellen dienten, sowie die zur Beseitigung der letzteren getroffenen Einrichtungen, bleibt einer spätern ausführlicheren Darstellung vorbehalten.

Die Versuche und die durch sie erhaltenen Ergebnisse lassen sich in zwei Hauptgruppen sondern.

1. An sechs verschiedenen Stellen im Spectrum und zwar bei den Wellenlängen 670 $\mu\mu$, 605 $\mu\mu$, 575 $\mu\mu$, 505 $\mu\mu$, 470 $\mu\mu$ und 430 $\mu\mu$ wurde von der kleinsten noch sicher messbaren bis zu der grössten in Bezug auf die Reinheit des Spectrallichtes noch zulässigen Spaltbreite die Intensität variirt und die Sehschärfe bestimmt.

Die Sehschärfe stieg bei zunehmender Intensität anfänglich sehr schnell, dann langsamer, bis sie sich endlich asymptotisch einem constanten Werthe näherte, der aber (bei Benutzung des Gasbrenners) kaum in den hellsten Theilen des Spectrums erreicht wurde. Dieser Verlauf stimmte völlig überein mit dem früher bei Weiss und bei rothem und gelbem Lichte erhaltenen. Von den jetzt gefundenen Resultaten seien hier nur die auf Licht von der Wellenlänge 605 $\mu\mu$ bezüglichen angegeben. Die Sehschärfe ist in der bekannten und allgemein benutzten Snellen'schen Einheit gemessen.

Intensität	Sehschärfe	Intensität	Sehschärfe
0.5	0.40	10	2.10
1	1.24	40	2.25
2	1.65	60	2.32
4	1.83	80	2.35
6	1.98	100	2.37
8	1.99		

Die für die Sehschärfe angegebenen Werthe sind stets die Mittel aus mehreren Einzelbeobachtungen.

2. Ausserdem wurde noch bei constanter Spaltbreite an einer grösseren Anzahl von Stellen im Spectrum die Sehschärfe bestimmt. Indem man nun die Wellenlängen als Abscissen und die erhaltenen Sehschärfen als Ordinaten aufzeichnet, erhält man eine Curve, die man wohl als Intensitätscurve des benutzten Spectrums bezeichnen könnte, falls die relative Höhe der Ordinaten, d. h. die Gestalt der Curve unabhängig von der benutzten Spaltbreite wäre. Dieses ist aber, wie schon aus den unter 1. angeführten Versuchsergebnissen und der Thatsache, dass die Grösse, welcher sich die Sehschärfe bei steigender Intensität asymptotisch nähert für alle Wellenlängen mit sehr grosser Annäherung die gleiche ist (was durch Benutzung von Knallgaslicht gefunden wurde), vorauszusehen ist, nicht der Fall; denn verringert man die Intensität des gesammten Spectrums, so sinkt der bei normalen Farbensystemen im Gelben liegende Gipfel der Curve relativ weniger, als die übrigen Theile der Curve, dadurch wird diese immer spitzer und es zeigt sich nun, dass ihre Gestalt stets ähnlicher wird derjenigen Curve, welche vor kurzem Hr. E. Brodhun*) durch Vergleichung der Helligkeit nach ihrem rein subjectiven Eindruck gewonnen hat. Es ist zu erwarten, dass sie bei noch geringeren Intensitäten, als sie hier aus äusseren Gründen benutzt werden konnten, völlig damit zusammenfällt. Hr. E. Brodhun hat fernerhin gefunden, dass die Helligkeitscurve des Spectrums bei sogenannten Grünblinden fast zusammenfällt mit derjenigen, welche den Besitzern normaler trichromatischer Farbensysteme zukommt, dass hingegen sogenannte Rothblinde eine wesentlich an-

*) E. Brodhun. Beiträge zur Farbenlehre. Inaugural-Diss. Berlin 1887.

ders gestaltete Curve erhalten. Hr. W. Uhthoff hat nun eine Reihe von Sehschärfenbestimmungen sowohl bei einem „Grünblinden" wie auch bei einem „Rothblinden" (Hrn. Budde) vorgenommen und auch hier gefunden, dass die Curve der Sehschärfe in der erwähnten Weise mit derjenigen der Helligkeitsschätzung im Zusammenhang steht.

Die folgende Tabelle giebt für Hrn. W. Uhthoff selbst (normales trichromatisches Farbensystem) und Hrn. Budde (dichromatisches Farbensystem (zweite Gruppe), rothblind) die erhaltenen Resultate an. Es sind darin die Intensitäten $J_I > J_{II} > J_{III} > J_{IV}$.

Wellenlänge	Sehschärfe				
	Uhthoff				Budde
	J_I	J_{II}	J_{III}	J_{IV}	J_{IV}
670 $\mu\mu$	1.92	1.03	0.28	—	—
645 -	2.09	1.41	0.77	0.28	0.16
620 -	2.12	1.66	0.96	0.45	0.33
605 -	2.16	1.71	1.04	0.47	0.39
590 -	2.17	1.74	1.02	0.43	0.40
575 -	2.17	1.73	0.98	0.37	0.41
560 -	2.13	1.65	0.89	0.33	—
545 -	2.09	1.54	0.74	0.28	0.35
525 -	2.02	1.40	0.48	0.20	0.23
505 -	1.88	1.11	0.34	—	0.17
490 -	1.66	0.87	0.20	—	—
470 -	1.38	0.53	—	—	—
450 -	1.17	0.32	—	—	—
430 -	0.89	—	—	—	—

Eine ausführliche alle Einzelheiten der Methode und der Resultate enthaltende Darstellung wird Hr. W. Uhthoff an anderm Orte geben.

Hr. **A. Kundt** legte darauf eine von den HHrn. H. Kayser und C. Runge in Hannover angefertigte Photographie einer Bande aus dem Cyanspectrum vor.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 8. Februar 1889.** Nr. 3.
Ausgegeben am 11. April.

Inhalt: W. Michelson. Ueber die Entzündungsgeschwindigkeit explosiver Gasgemische. 13—14. — W. Preyer. Ueber Combinationstöne. 15 bis 20. — H. W. Vogel. Photographien von Beugungsspectren. 20.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **W. Michelson** (a. G. anwesend) machte Mittheilung von den Ergebnissen einer Untersuchung

über die normale Entzündungsgeschwindigkeit explosiver Gasgemische.

Unter „normaler Entzündungsgeschwindigkeit" versteht der Vortragende die relative Geschwindigkeit der Verbrennungsfläche gegen das noch unentzündete Gasgemisch, senkrecht zur Verbrennungsfläche gemessen.

Zur Bestimmung derselben wurde eine schon früher von Gouy vorgeschlagene aber noch nicht angewandte Methode gebraucht. Das explosive Gemisch strömte mit constanter Geschwindigkeit aus einem langen und breiten Brenner mit scharfem Rande. Die vollkommen ruhig brennende Flamme wurde photographirt und nach diesen Photographien der Inhalt S der Verbrennungsfläche berechnet. Zugleich wurde das in der Zeiteinheit ausströmende Gasvolumen V und das Mischungsverhältniss mittels kathetometrischer Ablesungen an den beiden benutzten Glockengasometern gemessen.

Aus diesen Grössen wurde für jedes der untersuchten Gemische die normale Entzündungsgeschwindigkeit $u = \frac{V}{S}$ als Function des Mischungsverhältnisses bestimmt.

Die Curven, welche diese Function darstellen, bestehen nicht aus je zwei sich schneidenden Geraden, wie die HHrn. Mallard

und Le Chatelier angeben, sondern haben eine ausgesprochene Krümmung. Auch sind die Werthe der „normalen" Entzündungsgeschwindigkeiten stets kleiner als die von ihnen erhaltenen. Die maximalen Werthe der Entzündungsgeschwindigkeiten entsprechen aber fast genau denselben Mischungsverhältnissen, welche von den genannten Beobachtern gefunden sind.

Es wurden sechs verschiedene Gemische untersucht.

Für das Leuchtgas-Luft-Gemisch ergaben sich normale Entzündungsgeschwindigkeiten zwischen 10 und 75 $\frac{cm}{sec}$. Der Maximalwerth bezieht sich auf ein Gemisch, welches 18 pCt. Leuchtgas enthält.

Für Wasserstoff mit Luft variirt die normale Entzündungsgeschwindigkeit zwischen den Grenzen von etwa 40 $\frac{cm}{sec}$ und 280 $\frac{cm}{sec}$. Der Maximalwerth entspricht einem Gehalt von 40 pCt. Wasserstoff.

Kohlenoxyd mit Luft ergaben Entzündungsgeschwindigkeiten zwischen 8 und 45 $\frac{cm}{sec}$. Das beobachte Maximum fiel auf ein Gemisch von 40 pCt. Kohlenoxydgehalt.

Für Methan mit Luft sind Werthe erhalten worden, welche zwischen 5 und 50 $\frac{cm}{sec}$ liegen, die Beobachtungen sind aber nicht zahlreich genug um die Form der Verbrennungscurve festzustellen.

Das Gemisch von Kohlenoxyd mit Sauerstoff besitzt normale Entzündungsgeschwindigkeiten, welche zwischen 16 $\frac{cm}{sec}$ und 90 $\frac{cm}{sec}$ regelmässig variiren. Das Maximum liegt zwischen 70 und 75 pCt. Kohlenoxyd-Gehalt.

Mit Wasserstoff-Sauerstoff-Knallgas wurden nur wenige Versuche gemacht und Entzündungsgeschwindigkeiten gemessen, welche zwischen 1 und 6 m pro Secunde liegen. Das Maximum der Entzündungsgeschwindigkeit wurde nicht erreicht. Jedoch zeigt sich die Methode auch für dieses Gemisch als vollkommen brauchbar.

Ein ausführlicherer Bericht über die Arbeit soll nächstens in Wiedemann's Annalen erscheinen.

Hr. **W. Preyer** sprach darauf

über Combinationstöne.

Aus früheren Untersuchungen*) über die Bedingungen, welche für die Hörbarkeit der Differenztöne und Summationstöne nothwendig sind, hatte sich ergeben, dass es mittelst der empfindlichsten Stimmgabeln und Resonatoren nicht gelingt, sie objectiv nachzuweisen. Es war bisher überhaupt nicht dargethan, dass solche Töne ausserhalb des Ohres entstehen. Dagegen fand ich, dass im Ohre der Differenzton erster Ordnung mit einer an dasselbe angelegten Stimmgabel von ± 2 Schwingungen Unterschied auch dann noch Schwebungen giebt, wenn die beiden erzeugenden objectiven Töne eben erloschen sind, und dass ein vorher an das Ohr applicirter Resonator von der Schwingungszahl des Differenztons mit einer solchen Gabel in der Luft Stösse giebt. Daraus folgt, dass dieselbe Luftmasse im Resonator, welche vom Ohre getrennt nicht durch den Differenzton zum Mittönen gebracht werden kann**), unmittelbar vom Ohre aus in Mitschwingungen versetzt wird, falls der Differenzton darin hörbar ist.

Irgend ein Theil des Ohres, das Trommelfell oder die Gehörknöchelchen oder auch ein Theil des inneren Ohres muss demnach die Entstehung des Differenztons ermöglichen. Welcher Theil? Das lässt sich am unversehrten Ohr nicht leicht ermitteln. Ich überzeugte mich zwar, dass der Verschluss des äusseren Gehörganges mit dem Finger oder mit Watte die Wahrnehmung des Differenztons unmöglich macht, auch wenn die beiden primären Töne deutlich hörbar bleiben, aber dabei wird nothwendig die Intensität derselben erheblich geschwächt. Man könnte also einwenden, der Combinationston käme wegen zu geringer Intensität der erzeugenden Töne nicht zu Stande. Doch ist es bemerkenswerth, dass er auch bei den lautesten Pfeifen nicht wie deren Grundtöne durch Kopfleitung zur Perception kommt. Es lag deshalb nahe den Entstehungsort des Differenztons in dem Trommelfell und in der Paukenhöhle zu suchen, dagegen das

*) W. Preyer. „Akustische Untersuchungen". Jena, Fischer, 1879.

**) Dieses bestätigte Bosanquet. Philosophical Magazine, June 1881 p. 430.

innere Ohr als Entstehungsort auszuschliessen, weil dahin die Wellenzüge beider primären Töne auch bei verschlossenem Gehörgang gelangen und doch kein Combinationston gehört wird.

Die Untersuchung eines intelligenten 16jährigen Jünglings mit angeborener Atresie beider Ohren, dem unzweifelhaft beiderseits das Trommelfell fehlte, der aber sämmtliche Stimmgabeltöne von dem Subcontra-*C* bis zum achtgestrichenen *a* sicher erkannte und Englisch und Deutsch sprach, lieferte mir das unzweideutige Resultat, dass er keine Combinationstöne hörte *). Schwebungen vermochte er zu hören, so lange sie nicht frequent waren, Differenztöne aber unter keinen Umständen. Ich schloss hieraus, dass dieselben im inneren Ohre nicht entstehen können, sondern im Trommelfell entstehen, welches bei angeborener Atresie des Ohres fehlt**) und suchte nun an solchen Individuen, welche grössere und kleinere Defecte des Trommelfells auf einer Seite, auf der anderen aber ein normales Ohr haben, die Hörbarkeit der Differenztöne festzustellen.

Das sehr günstige Material, intelligente Patienten und Patientinnen, hat mir Hr. Professor Trautmann hier zur Verfügung gestellt und ich spreche ihm dafür und für sein Entgegenkommen bei den Versuchen auch an dieser Stelle meinen besten Dank aus.

Es ergab sich für alle Fälle mit Defecten, bei denen die Luft von der Mundhöhle aus durchströmen konnte, dass zweifellos keine Combinationstöne gehört wurden, während das gesunde Ohr der anderen Seite verschlossen blieb. Dieses für sich liess jedesmal die Wahrnehmung des ersten Differenztones zu Stande kommen. Dabei handelt es sich, wie ich ausdrücklich hervorhebe, nur um reine Fälle, wobei der Entzündungsprocess völlig abgelaufen war, und die beiden primären Töne auch durch das Ohr mit dem defecten Trommelfell sehr deutlich gehört wurden.

---

*) Ich theilte diese Thatsache Ende 1887 Hrn. Prof. Kessel mit. Correspondenzblätter des allgemeinen ärztlichen Vereins von Thüringen. 17. Jahrg. Nr. 2 S. 279. Section für Heilkunde. Sitzung vom 19. Jan. 1888.

**) Joël, über Atresia auris congenita. Archiv für Ohrenheilkunde XXVII, S. 82. Leipzig, 28. August 1888.

Es ist somit bewiesen, dass die Differenztöne im Trommelfell entstehen.

Dass aber das normale Trommelfell nicht unersetzlich ist, wird durch Fälle bewiesen, in denen der Defect durch Wucherung vernarbt ist. In einem Falle derart, wo der etwa $^2/_3$ der Oberfläche betragende Defect wieder geschlossen war, wurde der Differenzton gehört. Hr. TRAUTMANN träufelte nun einige Tropfen Wasser in den äusseren Gehörgang derjenigen, welche mit perforirtem Trommelfell den Differenzton nicht hörten. Nun konnten sie ihn wahrnehmen. Also genügte schon der Ersatz des fehlenden Stückes durch eine dünne Wasserscheibe, um das Zustandekommen des Differenztones zu ermöglichen. Ebensoviel Wasser im gesunden Ohr hindert die Wahrnehmung der Combinationstöne mittelst desselben nicht.

Durch diese Thatsachen ist also bewiesen, dass auch andere empfindliche (belastete) Membranen als das Trommelfell für die Erzeugung des ersten Differenztones geeignet sind, und es ist nur noch eine technische Frage, wie solche ausserhalb des Ohres herzustellen sein werden *).

Was die Summationstöne betrifft, so war es mir schon im Jahre 1869 aufgefallen, als ich sie in meinen Vorlesungen demonstriren wollte, dass ich sie nur hörte, wenn ausser den zwei primären Tönen auch deren Obertöne deutlich hörbar waren.

---

*) Erst nach Mittheilung der vorstehenden Versuche an die physikalische Gesellschaft, wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass ein beachtenswerther Versuch die Combinationstöne mittelst des Mikrophons hörbar zu machen bereits vorliegt. Hr. O. LUMMER (Verhandl. der physikalischen Gesellschaft 7. Juli 1886 S. 66) verwendete dazu einen Resonator, dessen eine Oeffnung mit einer dünnen Kautschukmembran verschlossen war und mittelst eines Mikrophons mit einem Telephon in Verbindung stand. Leider sind die auf diese Weise objectiv hörbar gemachten Töne nur aus dem Harmonium erhalten worden, wo die Tonquellen nicht getrennt sind. Ich habe stets ausser den starken Klängen der Harmonium-Zungen mit ihren vielen Obertönen zur Erzeugung der Combinationstöne erster Ordnung stark schwingende Stimmgabeln und Pfeifen verwendet. Doch ist nun kaum noch zu bezweifeln, dass die Differenztöne auch dann mittelst des Mikrophonresonators objectiv dargestellt werden können, da durch die Hörbarkeit derselben mittelst der Wasserschicht im perforirten Trommelfell ihre Objectivität bewiesen ist.

Bei hohen Tönen (mit wenigen oder schwachen Obertönen) hörte ich überhaupt keinen Summationston. Ich theilte diese Beobachtungen dem Akustiker G. Appunn in Hanau mit, von dem ich wusste, dass er ein vorzüglich geschultes Ohr hatte und zugleich die Arbeiten des Hrn. v. Helmholtz, welcher 1856 diese Töne entdeckte, kannte. Er schrieb mir darauf sehr ausführlich, meine Beobachtung hätte er auch gemacht, er höre Summationstöne nur in mittleren und tieferen Lagen, schon in der zwei- und dreigestrichenen Octave könne er trotz der angestrengtesten Aufmerksamkeit keinen Summationston hören; dagegen hörte er, wie ich, die Differenztöne gerade bei hohen Tönen sehr deutlich, die Summationstöne nur bei tiefen Tönen deutlich, oft deutlicher als die Differenztöne. Er meinte nun damals, man könne sie nur bei Tönen mit vielen starken Obertönen wahrnehmen und zwar seien sie die Differenztöne solcher, z. B. bei $c^0 = 128$ und $G^0 = 192$ sei der laute Summationston

$$320 = 5.192 - 5.128 = 960 - 640.$$

Dieselbe Auffassung vertrat, ohne von dem Appunn'schen Manuscript vom December 1869 etwas zu wissen, Hr. R. König in Paris 1876, welcher meinte, wo viele Obertöne seien, könnten diese ausreichen, allemal die Summationstöne dadurch zu erklären, dass sich immer zwei Obertöne finden mit einer Differenz, die der Schwingungszahl des Summationstones gleich ist. Ich habe jedoch die Hypothese vollständig widerlegt, derzufolge die Summationstöne hierdurch allein zu Stande kommen sollen, durch den Nachweis, dass man Summationstöne hört, wo so hohe Obertöne, wie sie verlangt werden, gänzlich fehlen.

Für jedes beliebige Tonpaar ist zwar allemal

$$(I.) \qquad (mb - na) = a + b,$$

aber in vielen Fällen auch bei kleinstem m und n das Theiltöne-Paar mb und na zu hoch oder zu schwach um hörbar zu sein, während doch der Summationston deutlich ist. Vollends gilt dieses für den von Hrn. König allein angenommenen Fall wo $m = n$. Dagegen kommt für jedes beliebige Tonpaar ausnahmslos in Betracht die Relation

$$(II.) \qquad nb - [(n-1)b - a] = a + b,$$

wo gleichfalls n die Ordnungszahl des Theiltones, weil hier nur der erste Oberton zur Erklärung des Summationstones erforderlich ist:

$$2b-(b-a) = (a+b).$$

Die Verstärkung des Summationstons in tieferen Lagen erklärt sich einfach nach (II.) durch die wiederholte Betheiligung der Obertöne des b.

So lange man sich nun auf Intervalle innerhalb der Octave beschränkt, kommen andere Verstärkungen nicht vor. Wenn aber $b > 2a$ wird, dann ist, wie ich finde, noch der Differenzton dritter Ordnung

$$\text{(III.)} \qquad (nb-(n-1)a)-[(n-1)b-na] = a+b$$

zu berücksichtigen, das heisst, im Falle man sich auf das erste Obertöne-Paar beschränkt, nur der Ton

$$(2b-a)-(b-2a) = (a+b)$$

wo die einzelnen Glieder hörbar sind.

Da es früher weder mir noch Anderen gelang, die Summationstöne zu hören, wenn nicht die ersten Obertöne sehr deutlich zugleich hörbar waren, lag es nahe die Summationstöne nach (II.) und (III.) als Differenztöne aufzufassen.

Da aber der Helmholtz'schen Theorie der Combinationstöne zufolge die Summationstöne auf einer objectiven Addition der Schwingungen beruhen müssen, so bemühte ich mich auf's Neue und zwar an Stimmgabeln, deren harmonische Obertöne durch Kautschukringe gedämpft und welche doch zum starken Tönen gebracht waren, die Summationstöne wahrzunehmen. Bei dem Gabelpaar von 192 und 256 ganzen Schwingungen wurde in der That der Summationston 448, auch wenn beide Gabeln gedämpft waren, noch deutlich gehört. Dass ausserdem von einem Beobachter der Ton 384, also $2a$ gehört wurde, kann die Schlussfolgerung zu Gunsten der objectiven Existenz des Summationstons nicht beeinträchtigen. Denn der erwähnten Theorie zufolge müssen die Obertöne $2b$ und $2a$ neben $(b-a)$ und $(b+a)$ mit geringer Intensität entstehen. Es wurden auch die Töne 64 und 320 deutlich gehört, was verständlich ist, da $2b-a = 320$, abgesehen davon, dass auch $3a-2b = 320$.

Das gesammte Ergebniss der Untersuchung steht somit im besten Einklang mit der Theorie des Hrn. von Helmholtz, und es ist nunmehr der objective Nachweis der Combinationstöne in den schwierigeren Fällen geliefert, in welchen zwei ganz getrennte Stimmgabeln vorhanden und schon die ersten Obertöne jeder einzelnen Gabel auch für das geübteste Ohr durchweg unhörbar oder schwächer sind, als die Differenztöne erster und zweiter Ordnung und als der Summationston.

Hr. **H. W. Vogel** legt im Anschluss an die Vorlage der schönen Detailphotographie der sogenannten Cyanbande ε (Anfang λ 3883.38) von Kayser u. Runge*) in Hannover ein vollständiges Beugungsspectrum des elektrischen Bogenlichtes, welches dieselbe Bande zeigt, von λ 3430 bis λ 6400 vor in der Länge von 2 m 20 cm. Dasselbe stellt das erste Spectrum eines Rowland'schen Concavgitterapparats von 14436 Linien per Zoll und 309 cm Krümmungsradius dar. Es ist in 4 farbenempfindlichen Platten von 18 cm Längen von E. Vogel jun. aufgenommen und die gedachten Aufnahmen auf Bromsilberpapier vierfach vergrössert worden. Die Dispersion beträgt ungefähr $^2/_3$ derjenigen von Kayser und Runge's Aufnahmen.

Redner betont den grossen Detailreichthum der vorliegenden Spectren gegenüber den früher erhaltenen prismatischen Spectren, welche er im Vorjahre zeigte und sagte, dass durch Einführung der Rowland'schen Concavgitter in Verbindung mit Photographie eine neue Aera der Spectralbeobachtungen beginne.

Die Spectren haben eine Dimension, dass sie als Wandtafeln in Auditorien dienen können. Redner stellt den auf der K. T. Hochschule jetzt aufgestellten Rowland'schen Apparat gern interessirten Forschern zur Disposition.

Derselbe zeigt ferner ein mit dem Rowlandgitter gewonnenes vergrössertes photographirtes Eisenspectrum und erachtet es für vortheilhafter, dasselbe mit weissen Linien auf schwarzen Grunde als umgekehrt abzubilden.

*) Siehe Sitzungsbericht vom 25. Januar d. J.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 22. Februar 1889.** Nr. 4.
Ausgegeben am 11. April.

Inhalt: F. Neesen. Demonstration einiger Apparate. 21. — F. Neesen. Aenderungen an der Quecksilberluftpumpe. 21. — W. Wolff. Die Quelle der Stromarbeit in Sauerstoffzellen. 21. — Geschenke. 22.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **F. Neesen** zeigte vor:

1. Erweiterung des Faden-Modells zum Nachweis des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte.

2. Apparat zum Nachweis der Wirkung eines Stosses, der Bedeutung des Schwerpunktes und des Einflusses des Trägheitsmomentes.

3. Apparat zur Darstellung des Versagen des Anzuges bei der Lokomotive nach Paalzow und Neesen.

Hr. **F. Neesen** theilte sodann einige Aenderungen an der der Quecksilberluftpumpe mit.

Ausführlicher werden die genannten Apparate und Aenderungen a. a. O. beschrieben. Der Apparat 3 findet sich in der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht Bd. II, drittes Heft beschrieben.

Hr. **W. Wolff** sprach dann über die Quelle der Stromarbeit in einer Klasse von galvanischen Elementen (Sauerstoffzellen). Der Inhalt des Vortrags ist ausführlich veröffentlicht als Inaugural-Dissertation „Ueber Sauerstoffzellen" Freiburg i. B. 1888 und späterhin im Auszug erschienen in Exner's Repertorium Bd. XXIV, S. 762.

Geschenke.

N. Hesehus*. Sur la détermination de la chaleur spécifique d'un corps par la méthode des mélanges à température constante. Sep.-Abd. Journ. de Physique.

*R. Hoppe. Dichte der Sehnen von Flächen und ebenen Curven. S.-A. Arch. d. Math. u. Phys. 2. Reihe, Th. VII.

E. Riecke*. Rudolf Clausius. Rede gehalten in der öffentlichen Sitzung der K. Gesellschaft der Wissenschaften am 1. December 1888. Göttingen 1888.

O. Heaviside*. Electromagnetic Waves. [S.-A. Phil. Mag. Vol. 25-27 (1888-1889)]. London 1889.

J. Schlichting*. Die Aufgaben der Hydrodynamik. Rede zum Geburtsfeste Kaiser Wilhelms II. in der Aula der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin am 26. Januar 1889. Berlin 1889.

G. T. W. Patrick*. The fragments of the work of Heraclitus of Ephesus on nature. Baltimore 1889.

*A. Raps. Zur objectiven Darstellung der Schallintensität. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

A. Koch*. Ueber die Dämpfung von Torsionsschwingungen von verschiedenen Metalldrähten. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

W. H. Schultze*. Das elektrolytische Verhalten des Glimmers bei hoher Temperatur. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

K. Schreber*. Ueber die elektromotorischen Kräfte dünner Schichten von Superoxydhydraten. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

H. Ebert*. Zur Anwendung des Doppler'schen Prinzips auf leuchtende Gasmolecüle. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

— —* Bemerkung zu Hrn. Langley's Aufsatz: Energy and Vision. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

*W. Wolff. Ueber Sauerstoffzellen. S.-A. Exner's Repert. XXIV.

A. Elsas*. Kritische Untersuchungen über Secundärelemente. S.-A. Sitzber. d. naturw. Ges. zu Marburg. 27. Jan. 1888.

F. Lippich.* Bemerkung zu der Abhandlung des Hrn. G. H. von Wyss. Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Rotationsdispersion einer activen Substanz und über einen Fall anormaler Dispersion. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

A. Leduc*. Sur la déviation des lignes équipotentielles et la variation de resistance du bismuth dans un champ magnétique. S.-A. Journ. de Phys. 2e ser. t. V.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 8. März 1889.** Nr. 5.
Ausgegeben am 11. April.

Inhalt: H. Rubens: Ueber selective Reflexion der Metalle. 23. — W. Preyer: Acht Briefe von Rob. Mayer aus den Jahren 1842 und 1844 über das mechanische Wärmeäquivalent. 23. — Geschenke. 23—24.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **H. Rubens** (a. Gast anwesend) sprach über selective Reflexion der Metalle. Der Inhalt des Vortrags ist als Inaugural-Dissertation unter demselben Titel (Berlin 1889) veröffentlicht und wird demnächst in Wiedemann's Annalen erscheinen.

Hr. **W. Preyer** sprach darauf über acht neuerdings aufgefundene Briefe Jul. Rob. Mayer's aus den Jahren 1842 und 1844 über das mechanische Wärmeäquivalent. Die wichtigsten Stellen dieser Briefe wurden vom Vortragenden verlesen. Ein vollständiger Abdruck derselben wird demnächst im Mai-Heft der „Deutschen Rundschau" erscheinen.

Geschenke.

W. Crookes*. La génèse des éléments. Mémoire le 18 Février 1887 à l'institution royale; traduit par G. Richard. Paris 1887.

W. Nernst*. Zur Kinetik der in Lösung befindlichen Körper. S.-A. ZS. für physikal. Chemie II.

S. Günther*. Die Meteorologie, ihrem neusten Standpunkte gemäss und mit besonderer Berücksichtigung geographischer Fragen, dargestellt. München 1889.

G. Faè*. Delle causa che all' infuori delle variazioni di temperatura possono influire sulla resistenza ellettrica dei conduttori solidi. Venezia 1889.

*F. Neesen. Eine Methode, die Pendelung der Geschosse photographisch zu registriren. S.-A. Archiv für Artillerie- und Ingenieur-Officiere 1889.

Annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles 1889. 56e année. Bruxelles 1889.

E. Spée*. Physique solaire. S.-A. Annuaire de l'observation royale de Bruxelles 1889.

*H. Paalzow und *F. Neesen. Ein Reibungsapparat. S.-A. ZS. f. d. physikal. u. chem. Unterr. Jahrg. II.

A. Righi*. Nuove figure elettriche. S.-A. Reale accad. dei Lincei. 2 dic. 1888.

— —* Sulle copie a selenio. S.-A. Reale accad. dei Lincei. 2 dic. 1888.

— —* Alcune esperienze colla scarica di una grande batteria. S.-A. Reale accad. dei Lincei. 16. dicembre 1888.

Ph. Gilbert*. Détermination, en grandeur et en direction, des axes d'une section diamétrale de l'ellipsoide. S.-A. Mathesis t. VIII.

— —* Sur les relations entre les coefficients calorimétriques d'un corps. S.-A. Ann. de la Société scient. de Bruxelles. 12e année.

— —* Sur les composantes des accélérations d'ordre quelconque suivant trois directions rectangulaires variables. S.-A. J. de Math. (4e ser.) t. IV.

— —* Groupement et construction géometrique des accélérations dans un solide tournant autour d'un point fix.

— —* Sur les accélération d'ordre quelconque dans le mouvement d'une figure plane dans son plane. Rome 1888.

J. Janssen*. Sur les spectres de l'oxygène. C. R. CVI.

H. Battermann*. Untersuchungen über die Gestalt der Bilder und die Theorie der Messungen ausserhalb der Axe von astronomischen Instrumenten. S.-A. Astron. Nachr. CXX.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 22. März 1889.** Nr. 6.
Ausgegeben am 24. April.

Inhalt: R. Assmann. Mikroskopische Beobachtungen der Structur des Reifes, Rauhreifes und Schnees. 25—30. — O. Liebreich. Demonstration von Experimenten, welche die Bildung des todten Raumes bei chemischen Reactionen erklären. 30. — A. Köpsel. Vorzeigung einer Mannesmann'schen Stahlröhre. 30. — Geschenke. 30.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **R. Assmann** sprach über mikroskopische Beobachtungen der Structur des Reifs, Rauhreifs und Schnees.

Man ist gewöhnt, diejenigen Condensationsformen des atmosphärischen Wasserdampfes, welche sich im festen Aggregatzustande befinden, ausnahmslos als krystallinisch anzusehen, indem man das sechsseitige Prisma, welches man als die Grundform der Schneeflocken gefunden hatte, in allen anderen Fällen glaubte wiederfinden zu müssen, trotzdem mikroskopische Beobachtungen des Reifs, Rauhreifs und Glatteises noch fehlten.

Nach der gewöhnlichen Vorstellung sollten aus den in der Luft schwebenden „Wasserbläschen" bei dem Herabgehen der Temperatur auf 0° Eiskrystalle entstehen, welche sich in der freien Atmosphäre zu Schneeflocken, an festen Gegenständen zu Reif oder Rauhreif gruppiren. Dabei blieb es zweifelhaft, ob der Reif durch Gefrieren eines „Thautropfens", oder direkt als Eiskrystall entstände.

Zuerst bei Gelegenheit eines Winteraufenthaltes auf dem Brocken im Jahre 1885 bemerkte ich unter dem Mikroskop, dass bei einer Temperatur von $-10°$ keine Eiskrystalle, sondern flüssige Wassertropfen — nicht hohle Bläschen — in der Luft schwebten, sowie, dass dieselben bei dem Auftreffen auf einen festen Körper — unter dem Mikroskop auf ein ausgespanntes fei-

nes Haar — fast momentan zu einem amorphen Eisklümpchen ohne jede Andeutung krystallinischer Structur erstarrten. Vor meinen Augen entstanden so durch reihenweise Aneinanderlagerung solcher Eiströpfchen die zierlichsten Rauhreiffedern, welche makroskopisch durchaus den Eindruck von Krystallen hervorbrachten.

Bei weiterer Verfolgung derartiger Beobachtungen zeigte sich später, dass auch der Reif unter gewöhnlichen Verhältnissen keineswegs krystallinisch, sondern aus grösseren amorphen Eisklümpchen zusammengesetzt ist. Lag die Temperatur nur wenige Grade unter dem Gefrierpunkte, so schienen diese Eiströpfchen nicht selten mit einander zusammengeflossen, dadurch gelegentlich regelmässig abgerundete, blattartige Formen bildend, wie sie die vorgezeigten Handzeichnungen nach dem Mikroskop darstellen. Zum Zwecke der Beobachtungen wurde an Abenden, welche eine kalte Nacht erwarten liessen, eine Anzahl verschiedenartiger Körper, trockne und mit Wasser getränkte Brettchen, Blätter, ausgespannte Coconfäden, Fichtenzweige, Erde in einem Blumentopf u. s. w., gelegentlich auch Glaskästchen, welche ein Wassergefäss enthalten und mit einer Glasplatte bedeckt sind, in's Freie gesetzt, dazu das Mikroskop mit den Objectträgern, um dieses zum Morgen die Temperatur der Luft angenommen haben zu lassen.

Am 4. Januar 1889 zeigten sich bei $-11{,}0^{\circ}$ krystallinische Bildungen an den Kanten trockener Brettchen, welche in regelmässig ausgebildeten sechsseitigen Prismen, zuweilen durch Parallelflächen getrennt, bestanden. An demselben Tage fanden sich auf der Erde eines Blumentopfes feine sechseckige Platten und Säulen, statt der sonst stets gefundenen amorphen Eistropfen vor.

Der Rauhreif konnte erst am 7. März 1889 bei -14.5° (nächtliches Minimum -16.0°) beobachtet werden; derselbe bestand nicht, wie auf dem Brocken, aus amorphen Eisklümpchen, sondern aus langen krystallinischen Federn, deren Seitenzweige stets im Winkel von 60° an die grösseren Stämme angereiht und am Ende durch eine hexagonal begrenzte Platte abgeschlossen waren. Einige solche Federn bestanden fast ganz aus hexagonalen Platten, welche derartig aneinander gefügt waren, dass

um je eine grössere Platte auf jeder Ecke des Sechsecks eine ebensolche kleinere aufsass; nur die dem Stamme zugekehrte war in ihrer Form verwischt und scheinbar mit ihren Nachbarn verschmolzen. Mitten unter diesem krystallinischen Rauhreif fand sich aber auch an mehreren Stellen solcher vor, welcher aus amorphen rundlichen Eistropfen, ganz dem auf dem Brocken beobachteten ähnlich bestand. Doch zeigte auch der letztere ein deutliches Vorherrschen des Winkels von 60° und eine sechsseitige Platte als Endglied jeder Feder.

Diese Beobachtungen, welche mit Hülfe mikrophotographischer Aufnahmen methodisch fortgesetzt werden sollen, scheinen zu folgenden vorläufigen Schlüssen zu berechtigen.

Reif und Rauhreif sind nur verschiedene Modificationen desselben Verdichtungsvorganges: ist der Wasserdampfgehalt der unteren atmosphärischen Schichten verhältnissmässig gering, sodass nur die durch Ausstrahlung bewirkte Abkühlung der untersten, dem Erdboden unmittelbar anliegenden Luftschicht die Condensation desselben einleitet, so wird Eis in der Form als „Reif" nur am Erdboden, oder an höheren, gegen den klaren Nachthimmel frei ausstrahlenden Flächen vorkommen. Bei langsam vor sich gehender Abkühlung ist es wohl möglich, dass zunächst Thau gebildet wird, welcher nachher amorph gefriert.

Der Rauhreif entsteht, wenn der Wasserdampf entweder so reichlich vorhanden, oder die Temperatur so niedrig ist, dass der Dampfsättigungspunkt bis in höhere Schichten hinein erreicht ist, sodass eine „Wolke", gemeinhin als „Nebel" bezeichnet, der Erdoberfläche aufliegt. Die diese Wolke zusammensetzenden Elemente bestehen bis zu einer Grenze von —10°, vielleicht unter besonderen Umständen noch darunter, aus überkaltetem flüssigen Wasser in Tropfenform, welche indes bei der Berührung irgend eines Gegenstandes von annähernd derselben Temperatur sofort amorph erstarren. Bei „Reif" ist diese „Wolke aus Wassertröpfchen" nicht immer sichtbar, sie erstreckt sich wohl meist nur wenige Decimeter über dem Erdboden nach oben; zuweilen wird nur „zwischen den Grashalmen" eine Art Nebel sichtbar.

Liegt aber die Temperatur so tief unter dem Gefrierpunkte, dass die Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes in Gestalt einer directen Sublimation, d. h. eines unmittelbaren Ueberganges aus dem gasförmigen in den festen Zustand, stattfindet, so werden auch die an die Objecte der Erdoberfläche aufliegenden Eiskrystallchen dem Reife sowohl, als auch dem Rauhreife eine krystallinische Structur verleihen müssen.

„Glatteis" dagegen, welches vielfach mit Rauhreif verwechselt wird, besteht aus flüssigem, nicht, oder nur wenig überkaltetem Wasser, welches Gegenstände berührt, deren Temperatur niedriger unter dem Gefrierpunkte liegt, als die der fallenden meist grösseren Regentropfen. Diese sind zuweilen schon beim Fallen mit Eis gemischt und entstammen dann wohl unvollkommen geschmolzenen Schneeflocken oder Graupeln. Ein derartiger Tropfen hat, weil nicht, oder nur wenig überkaltet, noch Zeit, bei der Berührung eines Gegenstandes sich flächenartig auszubreiten, ehe er durch die niedrigere Temperatur des letzteren zu durchsichtigem Eise erstarrt, welches nun wie eine gläserne Kruste die Oberfläche bedeckt. Durch die besonders nach längeren Frostperioden vorhandene, oft recht niedrige Temperatur solcher Gegenstände (z. B. Mauern) wird nun aber der unmittelbar anliegenden Luftschicht Wärme entzogen und so in dieser Schicht Wasserdampf condensirt, welcher nun recht wohl auf dem durchsichtigen Eisüberzuge noch einen weisslichen, reifähnlichen zu erzeugen vermag. Diesen sehen wir denn bei plötzlich eintretendem Thauwetter die Mauern ungeheizter Gebäude überziehen, während auf den Strassen und an Stellen weniger niedriger Temperatur durchsichtiges Glatteis vorhanden ist.

Dass in der That sublimirtes Eis in der Atmosphäre vorkommt, beweisen unter anderm mikroskopische Beobachtungen vom 15. Januar 1889, wo bei —17.8° (Minimum —19.0°) feine sechsseitige Plättchen aus der Luft herabfielen, welche theils einzeln, theils mit anderen ähnlichen Plättchen sternförmig gruppirt waren. Dazwischen fanden sich auch Plättchen von parallel-

epipedischer Form *), auch kurze hexagonale Säulen. Makroskopisch liess sich dieser feine Eisstaub, von den Polarfahrern meist als „Diamantstaub" bezeichnet, durch sein intensives Glitzern im Sonnenlichte bemerken. Gleichzeitig wurden vielfach ausgebildete Sonnen- und Mondringe auch in den unteren atmosphärischen Schichten beobachtet, welche diesen Eiskrystallchen ihre Entstehung verdanken. Aus Beobachtungen im Luftballon ist übrigens zu schliessen, dass der Schnee stets durch Sublimation des Wasserdampfes entstehe, nicht durch Gefrieren von Tropfen.

Zum Schluss präsentirt der Vortragende noch eine Reihe von Photographien, welche die höchst eigenthümliche und sehr selten zu beobachtende Erscheinung wiedergeben, dass der auf den Bäumen (des Thiergartens in diesem Falle) liegende Schnee durch Einwirkung mittägiger Temperaturerhöhung über den Gefrierpunkt in's Gleiten gerathen ist und nun in Gestalt von schönen und regelmässigen Guirlanden von 10—15 cm Dicke festonartig von den Zweigen herabhängt, gestützt und aufgenommen je durch einen kleinen Seitenzweig. Einige dieser Guirlanden hatten eine Sehne (durch den völlig schneefrei gewordenen Ast dargestellt) von über 1 m und hingen über 0.5 m frei vom Aste herunter. Einzelne dieser Bildungen liessen die Vermuthung aufkommen, als würden die Guirlanden durch die an den Hauptstämmen anhängenden grösseren „Firnfelder" gespeist, sodass eine weitere Senkung derselben mit einer Hereinziehung ferner liegenden Schneematerials vor sich gehen würde. Durch die Constatirung von Zweigabdrücken an der Unterseite, welche sich beträchtlich weiter abwärts von ihrem Ursprungsorte befanden, konnte dieses Gleiten in der Längsrichtung erhärtet werden.

Makroskopisch sah dieser plastische, zähe Schnee äusserst dicht gefügtem weissen Zucker ähnlich; mikroskopisch erwies er sich als aus verhältnissmässig grossen, unregelmässig rundlich gestalteten, aber fest aneinander haftenden Firnkörnern

*) Auch Nordenskjöld hat schon auf das Vorkommen zweier Krystallformen des Eises hingewiesen.

bestehend. Diese feste Verklebung der Körner mit einander durch Congelation erklärt die Zähigkeit und Festigkeit der Schneeguirlanden vollkommen.

Aehnliche Vorgänge sind früher schon von Prof. Hertz in der Meteor. ZS. berichtet, wo das Fliessen des auf einem Dache liegenden Schnees beschrieben ist. Die der oben gegebenen analoge Erklärung der Erscheinung wurde dann von Volger in der ihm eigenen absprechenden und voreingenommenen Weise angegriffen und durch die Behauptung ersetzt, dass es sich nicht um ein „Fliessen", sondern um ein „Aufquellen" des Schnees in Folge von Volumenvermehrung durch Wasseraufnahme handle. Der Vortragende konnte sich dieser recht unwahrscheinlichen Anschauung nicht anschliessen.

Hr. **O. Liebreich** gab dann eine Demonstration von Experimenten, welche die Bildung des todten Raumes bei chemischen Reactionen erklären. Eine Beschreibung der Versuche ist bereits veröffentlicht in den Sitzungsberichten der Akad. der Wissenschaften zu Berlin vom 14. März 1889.

Hr. **A. Köpsel** zeigte darauf eine nach dem Verfahren von Mannesmann gewalzte Stahlröhre und fügte einige kurze Erläuterungen hinzu.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 5. April 1889.** Nr. 7.
Ausgegeben am 21. Mai.

Inhalt: J. Rosenthal. Ueber physiologisch-calorimetrische Versuche. 31. — J. Rosenthal. Demonstration einer nichtleuchtenden Flamme. 31. — O. Frölich. Neue Methode der Beobachtung von Schwingungscurven. 31—34. — O. Reichel. Demonstration an einem Pulshammer. 34. — Geschenke. 34.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **J. Rosenthal** sprach über physiologisch-calorimetrische Versuche, deren Ergebnisse bereits in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften vom 13. December 1888 und 28. März 1889 veröffentlicht worden sind.

Hr. **J. Rosenthal** demonstrirte darauf eine Methode, wie man eine Leuchtgasflamme durch unzureichenden Zutritt von atmosphärischer Luft nicht leuchtend machen kann.

Hr. **O. Frölich** sprach dann

über eine neue Methode der Darstellung von Schwingungskurven.

Vor 2 Jahren (elektrot. ZS. 1887, p. 210) wandte der Verfasser bereits die manometrischen Flammen von R. König, sowie die Lissajous'schen Figuren an, um die Schwingungen der Telephonmembran darzustellen. Es gelang auch, mittelst der ersteren und des rotirenden Spiegels, die beim Sprechen und Singen entstehenden Telephonbewegungen sehr deutlich zu machen, ein scharfes Fixiren der Figuren mittelst Photographie gelang jedoch nicht; die zweite Methode eignet sich nicht für

complicirtere Kurven und bietet Uebelstände, weil zwei schwingende Körper kombinirt werden müssen.

Nach Wiederaufnahme der Versuche wurde das Princip des rotirenden Spiegels weiter entwickelt.

Lässt man den von einem kräftig leuchtenden Punkt ausgehenden Lichtstrahl durch eine Linse gehen, von dem schwingenden Körper und einem gewöhnlichen rotirenden Spiegel reflektiren und auf einen Schirm fallen, so erhält man sehr verworrene Bilder; stellt man die Flächen des rotirenden Spiegels parallel zur Axe und in gleiche Winkel unter einander, so erhält man eine continuirliche Kurve von Schwingungen, welche gleichmässig nach der einen oder anderen Seite wandert. Die Kurven sind wahre Schwingungskurven (Abscisse: Zeit, Ordinate: Weg des schwingenden Punktes) und lassen sich vermittelst der Momentphotographie fixiren.

Bringt man ferner die Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels mit der Schnelligkeit der Schwingungen derart in ein einfaches Verhältniss, dass während der Zeit, welche zwischen dem Treffen eines Punktes des Schirmes durch einen Spiegel und dem Treffen desselben Punktes durch den folgenden Spiegel verfliesst, eine ganze Anzahl von Schwingungen des schwingenden Körpers verläuft, so erhält man ein kontinuirliches stehendes Bild der Schwingungskurve, welches mit Musse beobachtet, nachgezeichnet oder photographirt werden kann.

Die erstere Methode lässt sich auf alle Schwingungen anwenden, wenn nur deren Amplitude nicht zu klein ist; die zweite Methode, welche erst bequemes und genaues Experimentiren ermöglicht, passt namentlich für die Fälle, in welchen die Schwingungen durch einen rotirenden Körper erregt und dieser letztere mit dem rotirenden Spiegel durch Zahnräder gekuppelt werden kann (Sirene, Savart'sches Rad, Wechselstrommaschine, rotirender Kommutator).

Die Kurven lassen sich entweder objectiv darstellen unter Anwendung von elektrischem Licht, oder durch ein Mikroscop betrachten, wobei denn ein Petroleumlämpchen als Lichtquelle dienen kann.

Die bisherigen Anwendungen der ersteren Methode bestanden namentlich im Photographiren der Schwingungen einer Membran, welche beim Singen von Vocalen und bei der Anwendung von Blasinstrumenten entstehen, ferner derjenigen von schwingenden Platten, Trommeln u. s. w. Um jedoch aus den Membrankurven die Kurve des tönenden Körpers zu erhalten, muss noch der Einfluss der Membran eliminirt werden.

Die zweite Methode wurde zunächst zur Untersuchung von Membranen verwendet, indem man mittelst eines genau arbeitenden Kommutators regelmässige Batterieströme in einen beinahe selbstinductionslosen Stromkreis sendet und als Empfangsinstrument einen telephonartigen Apparat verwendete. Es zeigte sich, dass die gewöhnliche Telephonmembran die Stromkurve am besten wiedergiebt, ferner dass dieselbe sich ähnlich verhält, wie ein gedämpftes Pendel.

Mittelst Batterieströme und des Telephons lassen sich die Erscheinungen in Kabeln, Polarisationszellen, Induktionsapparaten u. s. w. sehr schön verfolgen, namentlich, wenn man zugleich die Kurven in zwei Telephonen aufzeichnet und die letzteren z. B. am Anfang und Ende des Kabels, in den primären und den sekundären Kreis eines Inductionsapparates u. s. w. einschaltet.

Verwendet man als Stromquelle eine kleine Wechselstrommaschine, so giebt ein eingeschaltetes Telephon beinahe genau die Stromkurve derselben wieder; durch passende Konstruktion der Maschine erhält man beinahe reine Sinuskurven, im Telephon also einfache Töne. Die Amplitude der Telephonschwingung ist hiebei proportional der mittleren Stromstärke. Schickt man diese Ströme zuerst durch einen Stromkreis mit geringer Selbstinduktion, denn durch einen solchen mit erheblicher Selbstinduktion, so lässt sich aus dem Verhältniss der Amplituden der Unterschied der Selbstinduktion in beiden Fällen bestimmen.

Die Erscheinungen der Hysteresis oder der magnetischen Trägheit von Eisenkörpern in Elektromagneten lässt sich direkt durch Vergleichung des aufsteigenden Zweigs der Kurve mit dem absteigenden verfolgen.

Auch die Phasenverschiebung durch Induktion kann unmittelbar gemessen werden, wenn man zwei genau zu einander orientirte Telephone anwendet und das eine in den inducirenden, das andere in den inducirten Stromkreis schaltet.

Andere Anwendungen sind in Untersuchung.

Hr. **O. Reichel** gab eine Demonstration über den Zeitpunkt des Beginnes der Kälteentwicklung bei einem Pulshammer.

Geschenke.

CHARLES R. CROSS* and ARTHUR S. WILLIAMS*. The Strength of the induced Current with a Magneto Telephon Transmitter as influenced by the Strength of the Magnet. S.-A. Proc. of the Americ. Acad. of Arts and Sciences Vol. XXIV (N. S. XVI).

ANNIE W. SABINE*. The Strength of the Microphone Current as influenced by Variations in Normal Pressure and Mass af the Electrodes; — CHARLES R. CROSS* and ANNIE W. SABINE*. Researches on Microphone Currents. S.-A. Proc. of the Americ. Acad. of Arts and Sciences Vol. XXIV (N. S. XVI).

H. VON HELMHOLTZ. Handbuch der Physiologischen Optik. 2. Aufl. Hamburg und Leipzig 1889. Liefrg. 5.

ALBERT R. VON MILLER-HAUENFELS. Richtigstellung der in bisheriger Fassung unrichtigen mechanischen Wärmetheorie und Grundzüge einer allgemeinen Theorie der Aetherbewegungen. Wien 1889.

*R. HOPPE. Ueber Kraftlinien der Anziehung von Linien. S.-A. Archiv d. Math. u. Phys. 2. Reihe. Theil VII.

*R. HOPPE. Litterarischer Bericht. S.-A. Archiv d. Math. u. Phys. 2. Reihe. Theil VII.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 26. April 1889.** Nr. 8.
Ausgegeben am 21. Mai.

Inhalt: Nachruf an Paul du Bois-Reymond. 35. — A. Kundt. Elektromagnetische Circularpolarisation in doppeltbrechenden Medien. 35. — W. König. Optische Analogien zu den neuern Versuchen von Hrn. H. Hertz. 36—39. — Geschenke. 40.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Der Vorsitzende gedenkt des schweren, beklagenswerthen Verlustes, den die Gesellschaft durch den seit der letzten Sitzung, am 7. d. Mts. erfolgten unerwarteten Tod ihres langjährigen Mitgliedes

Paul du Bois-Reymond,
Professors der Mathematik am Polytechnicum zu Charlottenburg

erlitten hat. Der Hingeschiedene hat mehrfach die Resultate seiner Forschungen, soweit sie sich auf die Physik bezogen, der Gesellschaft vorgetragen und stets an den Geschäften und Verhandlungen derselben regsten Antheil genommen. Zu Ehren seines Andenkens erheben sich die Anwesenden von den Sitzen.

Hr. **A. Kundt** gab darauf eine zusammenhängende Darstellung über elektromagnetischen Circularpolarisation in doppeltbrechenden Medien.

Hr. **W. König** sprach dann

über optische Analogien zu den Hertz'schen Versuchen.

1. Hertz vergleicht die Wirkung seines Gitterpolarisators mit derjenigen einer Turmalinplatte, hebt aber den Unterschied hervor, dass der Gitterpolarisator den Strahl, den er nicht durchlässt, reflectirt, während der Turmalin ihn absorbirt. Die Analogie ist eine vollkommenere, wenn man den Gitterpolarisator nicht mit einem Turmalin, sondern mit jenen Substanzen vergleicht, die einen sog. „orientirten Flächenschiller" besitzen. Das ist für gewisse Farbencomplexe der Fall bei den Platincyanüren, fast für alle Farben beim Jod. In sehr dünnen Schichten dieser Krystalle wird der eine Strahl vollständig durchgelassen, der senkrecht dazu polarisirte metallisch reflectirt*).

2. Die Analogie beider Erscheinungen ist insofern keine vollkommene, als bei den Krystallen die Anisotropie eine Eigenschaft der kleinsten Theile ist, bei dem Gitterpolarisator dagegen ist sie gewissermaassen eine räumliche, bedingt durch die passende Anordnung isotroper, leitender und nicht leitender Massen. Es fragt sich, ob ein solcher Einfluss räumlicher Anisotropie auch bei optischen Vorgängen bekannt ist. Da es sich dabei um Vorgänge handelt, die an der Grenze eines Metalls und eines durchsichtigen Mittels stattfinden, so könnte man hier zunächst auf die Gouy'schen Beugungserscheinungen hinweisen**). Es ist zwar noch nicht erklärt, woher es kommt, dass von der stark beleuchteten Grenze einer Metallschneide aus Licht in das Schattengebiet hineingestrahlt wird; aber es ist jedenfalls eine sehr auffallende Thatsache, dass in diesem Lichte diejenige Componente fehlt, welche senkrecht zum Rande polarisirt ist, also parallel zum Rande schwingt. Einleuchtender dürfte aber vielleicht die Beziehung sein, die zwischen den Hertz'schen Ver-

*) Vergl. W. König, Wied. Ann. XIX, 491. (1883); Conroy, Proc. Roy. Soc. XXV, 51. (1877).

**) Gouy, C. R. XCVI, 697. (1883); XCVIII, 1573. (1884); C, 977. (1885).

suchen und einem Versuche von Fizeau bestehen könnte*). Licht, das durch enge Spalten hindurchgegangen ist, ist je nach der Spaltbreite senkrecht oder parallel zum Spalt polarisirt; bei den engsten Spalten aber — Spaltbreite nicht grösser als 0.0001 mm — erwies es sich stets parallel zum Spalt polarisirt; es fehlt also auch hier diejenige Componente, die parallel zu den Rändern schwingt.

3. Hertz hat die Vertheilung der elektrischen Kraft um eine gradlinige elektrische Schwingung herum experimentell und theoretisch untersucht. Das entsprechende optische Problem — die Vertheilung der Amplitude um eine in einem Punkt oder Raumelement gegebene geradlinige Lichtschwingung herum — ist schon 1850 von Stokes**) behandelt worden. Er ist von den Grundlagen der elastischen Lichttheorie aus zu Gleichungen für die Amplitude gelangt, welche mit den Hertz'schen Gleichungen für die elektrische Kraft bis auf ein Zusatzglied höherer Ordnung übereinstimmen. In grösserer Entfernung von dem Störungsmittelpunkte ist die Bewegung eine rein transversale. Denkt man sich um den Mittelpunkt eine Kugel von grossem Radius beschrieben, und die Richtung der gegebenen Schwingung als Axe dieser Kugel, so ist an den Orten der Oberfläche dieser Kugel die Schwingung stets parallel dem Meridian, senkrecht zum Radius und ihre Amplitude variirt mit dem Cosinus der Breite. Ist aber die Entfernung von der Ordnung der Wellenlänge, so treten die Glieder, welche diese Vertheilung bedingen, zurück gegen die Glieder höherer Ordnung. Stokes bemerkt, dass diese eine Bewegung darstellen, welche einem gewissen hydrodynamischen Probleme entspricht. Sehr viel einfacher lässt sich das einsehen, wenn man genau dem Wege folgt, den Hertz bei der Behandlung des elektrischen Problems eingeschlagen hat. Er zeigt, dass die Glieder, welche die Bewegung in grösserer Nähe des Störungsmittelpunktes charakterisiren, als Ableitungen eines potentialartigen Ausdruckes erscheinen, der die Form hat:

---

*) Fizeau, Ann. de chim. et de phys. (3) LXIII, 385. (1861).

**) Stokes, Trans. Cambr. Phil. Soc. IX, 1. (1850).

$$C.\sin(nt)\frac{d\left(\frac{1}{r}\right)}{dz}.$$

Das ist das Potential eines elektrischen Doppelpunktes, dessen elektrisches Moment periodisch zwischen $\pm C$ schwankt. Dieselbe Betrachtung kann man anstellen, wenn man von den Grundgleichungen der elastischen Lichttheorie ausgeht. Führt man statt der Verrückungen die Geschwindigkeiten ein, so lässt sich das obige Potential auffassen als das Geschwindigkeitspotential für die Theilchen einer incompressiblen, reibungslosen Flüssigkeit, in der eine feste Kugel geradlinige Oscillationen ausführt, vorausgesetzt, dass die Amplitude dieser Schwingungen klein ist gegen r *). Dadurch treten die Hertz'schen Versuche in eine enge Beziehung zu den hydrodynamischen Versuchen von Bjerkness.

Diese Beziehungen sind allerdings rein formaler Natur. Wichtiger ist die Frage, ob das Gesetz der Intensitätsvertheilung wie es durch das Stokes'sche Theorem oder die Hertz'schen Gleichungen gegeben ist, in irgend welchen optischen Erscheinungen einen experimentellen Ausdruck gefunden hat. Die Besonderheiten, die in der Nähe der Schwingung statt haben, lassen sich optisch wegen der Kleinheit der Wellenlänge nicht nachweisen. Es kann sich daher nur um das für grössere Entfernungen geltende Gesetz der Vertheilung der Intensität handeln. Es sind 2 Reihen von Erscheinungen, in denen dieses Gesetz zur Darstellung kommt:

1. Das Verhalten des polarisirten Lichtes bei der Beugung; Stokes hat seine Betrachtungen direct auf die Intensitätsvertheilung in der secundären Welle angewendet. Die Versuche mit Gittern im durchgehenden Licht haben sehr variable Resultate ergeben. Viel markanter waren die Ergebnisse, die Fröhlich bei Reflexion an Glassgittern erhielt **). Sie lassen sich, wie Réthy ***) gezeigt hat, darstellen durch die Annahme, das von

*) Kirchhoff, Mechanik p. 227. (1877).
**) Fröhlich, Wied. Ann. I, 321. (1877).
***) Réthy, Wied. Ann. XI, 504. (1880).

jedem Punkte des Gitters eine Kugelwelle ausgeht, deren Axe eine bestimmte Lage hat, und auf der das Gesetz der Vertheilung der Amplituden genau das gleiche ist, wie das der Kraft um eine Hertz'sche Schwingung herum; aber bei der Complicirtheit des Beugungsvorganges dürfte diese Beziehung sehr indirect erscheinen. Sie ist viel deutlicher bei

2. der Diffusion des Lichtes durch trübe Medien. Fällt ein geradlinig polarisirter Lichtstrahl auf ein solches Medium, so zeigt das von einem Elemente dieses Mediums nach allen Seiten ausgesandte Licht eine bestimmte Vertheilung in Bezug auf Richtung und Stärke der Schwingung. Das Gesetz dieser Vertheilung ist durch Messungen von Soret und Lallemand *) festgestellt worden und es stimmt genau überein mit dem Stokes'schen Gesetz und mit der Vertheilung der elektrischen Kraft um eine Hertz'sche Schwingung. Die Erscheinung ist also gerade so, als ob in dem betreffenden Elemente eine geradlinige, elastische oder elektrische Schwingung bestände. Da sie durch das einfallende Licht erzeugt und unterhalten wird, so ist es richtiger, sie nicht mit der primären, sondern mit der secundären Hertz'schen Schwingung zu vergleichen. Diese Bemerkung führt auf den Gedanken, dass auch bei diesen optischen Vorgängen die Resonanz eine Rolle spielen und die Abhängigkeit der Intensität des zerstreuten Lichtes von der Farbe bedingen könnte. Doch ist die Annahme vielleicht auch nicht nöthig; wenigstens hat Rayleigh unter Benutzung des Stokes'schen Theoremes ein Gesetz für diese Erscheinungen entwickelt, ohne Resonanzwirkungen anzunehmen **). Darnach ist die Intensität des zerstreuten Lichtes der 4. Potenz der Wellenlänge umgekehrt proportional. Dies stimmt qualitativ; quantitative Messungen fehlen. — Jedenfalls glaube ich, dass man in diesen Erscheinungen optische Vorgänge erblicken kann, die den Hertz'schen Versuchen ganz analog sind.

*) Soret, Arch. sc. phys., XXXVII, 128. (1870). Lallemand, Ann. de chim. et de phys. (4) XXII, 200. (1871).

**) Strutt, Phil. Mag. (4) XLI, 107, 274, 447. (1871).

Geschenke.

G. vom Hofe*. Untersuchung über die Magnetisirungsfunction von Eisenringen. Inaugural-Dissertation. Greifswald 1889.

E. Tacke*. Ueber den Werth der s'Gravesande'schen Methode zur Bestimmung des Elasticitätscoefficienten dünner Drähte. Inaugural-Dissertation. Greifswald 1889.

M. Faraday. Experimental-Untersuchungen über Elektricität. Deutsche Uebersetzung von Dr. *S. Kalischer. In drei Bänden. Erster Band. Berlin 1889.

*G. Lübeck. Die Umformung einer elastischen Kugel durch Zusammendrücken zwischen zwei horizontalen und starren, glatten oder rauhen Ebenen. Berlin 1889 (Wissenschaftliche Beilage zum Programm des des Friedrich Werder'schen Gymnasiums zu Berlin. Ostern 1889).

*R. Müller. Ueber die Kurven, deren Bogen einer Potenz der Abscisse proportional ist. S.-A. Programm des Königl. Realgymnasiums zu Berlin 1889.

C. Lang.* Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland während des zehnjährigen Zeitraums 1879-1888.

J. Weyrauch. Das Prinzip von der Erhaltung der Energie seit Robert Mayer. Leipzig 1885.

W. Ostwald.* Die Energie und ihre Wandlungen. Antrittsvorlesung gehalten am 23. November 1887 in der Aula der Universität Leipzig. Leipzig 1888.

H. Meyer.* Die Niederschlagsverhältnisse von Deutschland, insbesondere von Norddeutschland in den Jahren 1876-1885. S.-A. Archiv der Deutschen Seewarte. XI. Jahrgang.

G. Bellermann. Beweis aus der neuern Raumtheorie für die Realität von Zeit und Raum und für das Dasein Gottes. (Wissenschaftliche Beilage zum Programm des Königstädtischen Realgymnasiums zu Berlin. Ostern 1889.)

Ch. Fievez et Ed. van Aubel.* Note sur l'intensité lumineuse des bandes d'absorption des liquides colorés. S.-A. Archives des sciences physiques et naturelles. III. periode, tome XXI.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 10. Mai 1889.** Nr. 9.
Ausgegeben am 15. Juni.

Inhalt: Geschäftliches. 41. — A. König. Ueber den neuen photographischen Momentapparat von Hrn. Ottomar Anschütz. 42. — E. Budde. Ueber den von Hrn. O. Liebreich beschriebenen todten Raum bei der Chloral-Soda-Reaction. 42. — Geschenke. 42.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Nachdem der Kassirer über Einnahmen und Ausgaben des abgelaufenen Geschäftsjahres Bericht erstattet und ihm Entlastung ertheilt worden war, wird der Voranschlag für die Einnahmen und Ausgaben des beginnenden Geschäftsjahres angenommen.

Bei der dann erfolgenden Neuwahl des Vorstandes wurde an Stelle des aus der Gesellschaft ausgeschiedenen Hrn. E. Rosochatius Hr. R. Assmann zum zweiten stellvertr. Schriftführer und an Stelle des bisherigen stellvertr. Bibliothekars Hrn. A. König, der dieses Amt nur zur Aushülfe übernommen, Hr. W. Wolff gewählt.

Der Vorstand der Gesellschaft setzt sich demnach in folgender Weise zusammen:

Ehrenvorsitzender: E. du Bois-Reymond.

Vorsitzender:	Schriftführer:
H. v. Helmholtz,	B. Schwalbe,
1. stellv. Vors.:	1. stellv. Schriftführer:
A. Kundt,	A. König,
2. stellv. Vors.:	2. stellv. Schriftführer:
W. v. Bezold,	R. Assmann,

Kassirer:
G. Hansemann,
1. stellv. Kass.:
W. Brix,
2. stellv. Kass.:
E. Lampe.

Bibliothekar:
C. Dieterici,
stellv. Bibl.:
W. Wolff.

Hr. **A. König** sprach dann

über den neuen photographischen Momentapparat des Hrn. Ottomar Anschütz in Lissa.

Der wesentliche Unterschied des (von dem Vortragenden demonstrirten) Apparates von den bisher benutzten besteht darin, dass die momentane Belichtung durch eine mit einem Schlitz versehene Jalousie geschieht, welche dicht vor der empfindlichen Platte sich vorbei bewegt.

Hr. **E. Budde** sprach darauf

über den von Hrn. O. Liebreich beschriebenen todten Raum bei der Chloral-Soda-Reaction.

Der Inhalt des Vortrags wird am anderm Orte veröffentlicht werden.

Geschenke.

M. Teplow.* Die Kohlenwasserstoffe C_nH_{2n+2} vom Standpunkt der Knotentheorie der chemischen Verbindungen. S.-A. Zeitschrift der russischen physikalisch-chemischen Gesellschaft in Petersburg. (Russisch.)

— —* Die Knotenstructur der Körper: SO_4KH, SO_4NaH, $S_2O_7Na_2$, $(SO_4)^2Na_3H$, $(SO_4)^2K_3Na$, $(SO_4)^3K_5Na$, $PO_4MgNa+9H_2O$, $PO_4MgK+6H_2O$, $SO_4Na_2+10H_2O$, $SO_4Na_2+7H_2O$. (Russisch.)

K. Wesendonck. Zur Elasticitätstheorie. S.-A. Wied. Ann. XXXVI.

H. Wild. Ueber Assmann's neue Methode zur Ermittelung der wahren Lufttemperatur. Repertorium für Meteor. XII, Nr. 11.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 24. Mai 1889.** Nr. 10.
Ausgegeben am 15. Juni 1889.

Inhalt: R. Börnstein. Blitzphotographie. 43. — E. Pringsheim. Versuche mit einem Phonautographen. 43—46. — C. Dieterici. Das specifische Volumen des bei 0° gesättigten Wasserdampfes. 46—49. — Geschenke. 50.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **R. Börnstein** legte eine von ihm aufgenommene Photographie vor, welche einige interessante Blitzbahnen zeigte.

Hr. **E. Pringsheim** sprach dann

über Versuche mit einem Phonautographen.

Die Versuche, welche ihre Entstehung der Anregung eines neueren Philologen, des Hrn. Schwan, verdanken, hatten den Zweck über Wesen und Lage des Accentes in der französischen Sprache Aufschluss zu geben. Die Aufgabe des physikalischen Mitarbeiters bestand demnach darin, bei gesprochenen französischen Worten die Dauer, Tonhöhe und Tonstärke jeder Silbe resp. jedes einzelnen Lautes auf physikalischem Wege zu bestimmen. Dieser Aufgabe genügte ein Phonautograph, wie ihn König und Scott construirt haben, welcher die Dauer und Tonhöhe mit aller wünschenswerthen Genauigkeit zu messen, auf die Intensität aber nur in beschränktem Umfange zu schliessen erlaubte. Dieser Mangel wird durch keinen Apparat zu heben sein, so lange wir über den Zusammenhang zwischen der mechanischen und der physiologischen Intensität des Schalles keine genaue Kenntniss besitzen. Wir können daher nur das Intensitätsverhältniss gleich oder sehr nahe gleich hoher Töne

bestimmen, und dieses leistet der benutzte Apparat. Die mitschwingende Membran, welche über die engere Oeffnung eines parabolischen Schalltrichters gespannt war, bestand aus dem dünnsten, im Handel käuflichen Kautschuk und trug etwa in ihrer Mitte einen mit Siegellack befestigten Schreibstift. Als solcher diente eine feine conische Glasröhre von etwa 1—2 mm äusserem Durchmesser und 9 cm Länge, deren freies Ende rechtwinklig umgebogen und zu einer sehr feinen Spitze ausgezogen war. Der ganze umgebogene Theil des Schreibstiftes hatte eine Länge von weniger als 3 mm, so dass die Eigenschwingungen dieses Theils nicht zu fürchten waren. Um Transversalschwingungen des Schreibstiftes in einer verticalen Ebene zu verhindern (die Membran stand vertical, so dass ihre Schwingungen horizontale Verschiebungen der Schreibspitze hervorbrachten) wurde er nahe an seinem Ende mit einem Coconfaden umschlungen, welcher an zwei über und unter dem Stifte an der Fassung der Membran angebrachten Glasstäben mit mässiger Spannung befestigt wurde. Die Spannung der Fäden gab gleichzeitig für die Schwingungen der Membran eine geeignete Dämpfung ab. Die Schreibspitze zeichnete ihre Schwingungscurven auf der rotirenden Trommel eines Myographions auf, die mit berusstem Papier überzogen war. Unmittelbar daneben wurden gleichzeitig die Schwingungen einer electromagnetisch getriebenen Stimmgabel auf dasselbe Papier aufgezeichnet, so dass neben der Sprachcurve eine zweite Curve entstand, an welcher die Zeit abgelesen werden konnte. Die Curven, welche im allgemeinen eine Höhe von kaum 1 mm besitzen, wurden mit Schellack fixirt und dann mit der Lupe untersucht. Ferner wurde eine Reihe photographischer Abzüge in 3facher linearer Vergrösserung angefertigt, welche der Gesellschaft vorgelegt wurden.

Durch Vorversuche mit Pfeifentönen wurde festgestellt, dass der Apparat die Tonhöhen in dem benutzten Intervall richtig und ohne merkliche Trägheit wiedergab. Die zu untersuchenden Worte wurden von verschiedenen französischen Herren, welche sich mit grosser Freundlichkeit für die Versuche zur Verfügung stellten, in den Schalltrichter gesprochen. Um die einzelnen

Laut ein den Curven stets wiederzuerkennen, war es nöthig die Worte erst einmal lautweise auszusprechen, welcher Mühe sich Hr. Potel in dankenswerthester Weise unterzog. So gelang es bei Worten und zusammenhängenden Sätzen die jedem Laute zukommenden Schwingungen herauszufinden. Dabei ist allerdings zu bemerken, dass man die Curven nicht in ganz streng gesonderte Theile trennen kann, von denen ein jeder einzelne einem bestimmten Laute entspricht, wie in der gewöhnlichen Schrift ein bestimmter Buchstabe, da die Laute beim Sprechen unmerklich und allmählich in einander übergehen.

Diese Curven zeigen auffallende Verschiedenheiten am Schlusse desselben Wortes, je nachdem es in der Mitte eines Satzes oder am Ende desselben steht. Im letzteren Falle schliesst sich an die eigentliche, für das betreffende Wort charakteristische Curve noch eine in Tonhöhe und Stärke allmählich abnehmende Endcurve an, welche für alle verschiedene Worte fast identisch ist, und dem Satzaccent, dem Sinken der Stimme vor einem Punkte entspricht. Auch bei einzeln gesprochenen Worten zeigt sich dieser Punktaccent mehr oder weniger ausgebildet.

Die einzelnen Vokale und Consonanten zeigen charakteristische Curven; auffallend sind die Schwingungen von sehr grosser Wellenlänge, welche beim *m*, *l*, *b* und auch bei *d* vorkommen. Dabei beeinflussen sich benachbarte Vokale und Consonanten gegenseitig; die Consonanten sind am Anfang der Worte besonders stark ausgebildet.

Die Dauer der einzelnen Silben variirt zwischen 0,1 und 0,5s. Die kürzeste Silbe é in été bestand bei der immerhin noch verhältnissmässig langsamen Sprechweise aus nur 22 Schwingungen; trotzdem ist das Ohr im Stande nicht nur den Ton zu hören, sondern den Laut deutlich zu verstehen und verschiedene Betonungen und feine Nüancen seiner Aussprache zu bemerken! Zwischen den einzelnen Silben eines Worten finden sich vielfach Pausen von 0,03 bis 0,2s Dauer.

Zur genaueren Untersuchung wurden die Schwingungen der Curven von Centimeter zu Centimeter gezählt und so Curven gezeichnet, bei denen die Abscisse die Zeit, die Ordinate die

Schwingungszahl darstellte. Ausserdem wurde in diese Curven durch Schätzung der Amplituden der ursprünglichen Curven der ungefähre Verlauf der Intensität eingezeichnet. Auf diese Weise gewann man ein Bild der Tonhöhe und Tonstärke der einzelnen Laute. Es zeigte sich eine sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung in den von demselben Sprecher wiederholt erhaltenen Curven der gleichen Worte, und auch bei den von verschiedenen Sprechern erhaltenen Resultaten sind im allgemeinen die Verschiedenheiten weit geringer als man erwarten konnte, wenn auch gewisse individuelle Abweichungen zu Tage traten. Das bis jetzt gewonnene Material reicht jedoch noch nicht zu einer definitiven Lösung der gestellten Aufgabe aus. Es sollen daher noch weitere Versuche mit einem bequemer eingerichteten Apparate angestellt werden.

Hr. **C. Dieterici** sprach darauf

über das specifische Volumen des bei 0° gesättigten Wasserdampfes.

Vor einem Jahre war es dem Vortragenden gelungen die Verdampfungswärme des Wassers bei 0° mit Hülfe des von Bunsen construirten Eiscalorimeters zu bestimmen. Die Methode war kurz folgende: In das innere Gefäss des Calorimeters, welches mit Quecksilber abgefüllt war, wurde ein Glas- oder Platinröhrchen eingesetzt, welches am unteren Ende zu einer kleinen Kugel aufgeblasen und mit einer abgewogenen Menge Wassers angefüllt war. Von diesem Röhrchen führte eine Röhrenleitung, welche durch Schliffe gut luftdicht mit jenem verbunden war, zu einem mit Schwefelsäure oder auch Phosphorsäureanhydrid angefüllten Trockengefäss, welches andererseits wiederum luftdicht mit einer Quecksilberluftpumpe zusammenhing. Setzte man die Luftpumpe in Bewegung und entfernte dadurch die Luft aus der ganzen Röhrenleitung, so verdampfte das in dem Verdampfungsröhrchen enthaltene Wasser, sobald der Druck bis zur Spannung der bei 0° gesättigten Wasserdämpfe (4,6 mm Hg nach Regnault) erniedrigt war. Die Wärme nun, welche

zum Verdampfen nothwendig war, musste dem Calorimeter entzogen werden, es musste also in Folge dessen ein Wachsen des Eismantels entstehen; diese Zunahme konnte nach BUNSEN's Vorgang an der Verschiebung des Quecksilberfadens in der Capillare oder besser nach SCHULLER und WARTHA durch das Gewicht der aus dem Ende der Capillarröhre ausgestossenen Quecksilbermenge beobachtet, aus ihr also die Menge des neugebildeten Eises und daraus mit Hülfe der Beobachtungen der Schmelzwärme des Eises die Wärmemenge berechnet werden.

Das Eiscalorimeter wurde also bei dieser Methode in umgekehrter Weise angewendet, als man es sonst zu thun pflegt; es wurde der Eisbildungsprocess beobachtet, während man früher nur den Schmelzprocess zur Messung benutzt hatte. Die Schwierigkeit bei diesen Versuchen lag darin, dass man das Eiscalorimeter so sorgfältig vor Wärmezuleitung und äusseren störenden Einflüssen schützen musste, dass man bei so lange dauernden Processen, wie die Verdampfung von 0,2—0,5 g Wasser, welche stets 1 bis 2 Stunden dauerte, der Angaben des Instrumentes sicher sein konnte. Es gelang indessen diese Sicherheit zu erzielen und es ergab sich als Resultat der Versuche, dass die Verdampfungswärme des Wassers bei 0° (also diejenige Wärmemenge, welche nothwendig ist, um 1 g Wasser bei 0° überzuführen in gesättigten Dampf von derselben Temperatur gemessen in mittleren (BUNSEN'schen) Calorieen gleich 596,8 ist und zwar war das Resultat kaum um 0.025 pCt. unsicher.

Dieses Resultat weicht erheblich von demjenigen REGNAULT's ab, welcher für dieselbe Wärmemenge 606,7 Cal. fand; indessen ist es nicht zu übersehen, ob diese Differenz ihre Erklärung findet in der Unsicherheit, welche dem extrapolirenden Rechnungsverfahren REGNAULT's anhaftet, oder in der Verschiedenheit der der Messung zu Grunde gelegten Wärmeeinheiten.

Die grosse Sicherheit, welche das in der ersten Untersuchung gefundene Resultat bot, veranlasste nun den Vortragenden dasselbe zur Entscheidung einer weiteren Frage zu benutzen, nämlich zur Untersuchung des Verhaltens der bei 0° gesättigten Wasserdämpfe. Die Frage nach der Dichte gesättigter Dämpfe

bietet weitgehendes theoretisches Interesse dar; denn nicht nur geht dieselbe ein in die durch die mechanische Wärmetheorie gelieferte Beziehung, welche die Spannung der gesättigten Dämpfe als Function der Temperatur ausdrückt, sondern auch in alle jene theoretischen Beziehungen, welche die Dampfspannungserniedrigung durch gelöste Salze und die durch dieselben hervorgebrachten Gefrierpunktserniedrigungen mit der Lösungswärme der betreffenden Salze verbinden. Die Annahme aber, welche wir in allen theoretischen Arbeiten von Clausius, Kirchhoff, Helmholtz u. A. wiederfinden, dass die bei niedrigen Temperaturen gesättigten Dämpfe dem Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetze folgen, ist experimentell bisher nie geprüft.

Diese Prüfung war auch bisher nicht möglich, weil die eingeschlagene Methode die Flüssigkeitsmenge, welche ein Volumen von bekannter Grösse als gesättigter Dampf erfüllt, mit der Waage direct zu bestimmen, ihren Dienst versagt bei niedrigen Temperaturen, weil die verdampfende Flüssigkeitsmenge zu klein ist, um sicher gemessen werden zu können. Der Vortragende hat daher bei einer Untersuchung über das specifische Volumen der bei 0° gesättigten Wasserdämpfe die Gewichtsmenge Wassers, welche ein gegebenes Volumen als Dampf erfüllt, nicht direct durch die Waage, sondern durch den zur Verdampfung nothwendigen Wärmeverbrauch zu bestimmen versucht. Die Versuchsanordnung war dieselbe wie diejenige, welche bei der ersten Untersuchung angewendet war, nur wurde zwischen dem Verdampfungsrohr im Eiscalorimeter und dem Trockengefäss ein Glasballon von bekanntem Volumen (5—6 Liter) eingeschaltet, welcher durch passend eingefügte Hähne entweder mit dem Verdampfungsrohre oder mit dem Trockengefässe verbunden bez. von demselben abgesperrt werden konnte. Nachdem der Ballon gut ausgepumpt, ausgetrocknet und durch ein umgebendes Wasserbad auf constante Temperatur gebracht war, setzte man denselben dann in Verbindung mit dem Verdampfungsröhrchen; es verdampft dann von dem in demselben enthaltenen Wasser soviel, dass der den Ballon erfüllende Dampf bei der Temperatur des Wasserbades einen Druck gleich dem Sättigungsdrucke des

Wassers bei 0° ausübt. Je mehr man die Temperatur des Wasserbades sinken lässt desto mehr nähern sich die gebildeten Wasserdämpfe dem Sättigungszustande, dieser ist erreicht bei 0° des Wasserbades. Wieviel Wasser verdampft ist, wurde dadurch beobachtet, dass man die zum Verdampfen nothwendige Wärme durch das Eiscalorimeter bestimmte, und aus dieser Wärmemenge mit Hülfe des in der ersten Untersuchung gewonnenen Werthes der Verdampfungswärme des Wassers die Flüssigkeitsmenge berechnete. Der Vortheil dieser indirecten Methode beruht darin, dass wegen der ausserordentlichen Grösse der Verdampfungswärme kleine verdampfende Flüssigkeitsmengen mit grosser Sicherheit bestimmen kann.

Als Resultat der Versuche ergab sich:

1. Die Abweichungen, welche die bei 0° gesättigten Wasserdämpfe vom Gay-Lussac'schen Gesetze zeigen, sind unregelmässige, nur durch die Vaporhäsion an den Gefässwandungen bedingte.

2. Gelingt es diese Vaporhäsion zu vermeiden, so befolgen dieselben das Gay-Lussac'sche bis zum Sättigungspunkt.

3. Die Dichte des bei 0° gesättigten Wasserdampfes wurde gefunden 4,8856 mgr/dcm³ oder das specifische Volumen des bei 0° gesättigten Wasserdampfes ist 204,680 dcm³.

4. Berechnet man aus diesem specifischen Volumen mit Hülfe der Avogadro'schen Hypothese, deren Gültigkeit zugleich mit dem Nachweis der Gay-Lussac'schen Gesetzes erwiesen ist, den Sättigungsdruck der Wasserdämpfe bei 0°, so ergiebt sich derselbe zu 4,62 mm Hg.

Geschenke.

H. WILD. Normaler Gang und Störungen der erdmagnetischen Declination. Mélanges physiques et chimiques (tirés du Bulletin de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg) Tome XIII.

— — Ueber eine wesentliche Vereinfachung meines Polarisationsphotometers für technische Zwecke. Mélanges physiques et chimiques (tirés du Bulletin de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg) Tome XIII.

J. HANN.* Untersuchungen über die täglichen Oscillationen des Barometers. S.-A. Denkwürdigkeiten der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. LV. Wien 1889.

*M. THIESEN. Theorie der pendelartigen Schwingungen. S.-A. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Sitzung vom 28. März 1889.

H. HELMHOLTZ. Ueber die Erhaltung der Kraft (OSTWALD's Klassiker der exacten Wissenschaften, No. 1). Leipzig 1889.

H. E. H. CLIFFORD.* Note on the efficiency of small electromotors. S.-A. The Technology Quarterly February 1889.

*F. RICHARZ. Kritische Besprechung von JOLLY's, POYNTNIG's und WILSING's Bestimmungen der mittleren Erddichte. S.-A. Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft. Jahrgang 24. Heft 1.

H. KRAUSE. Ueber Adsorption und Condensation von Kohlensäure an blanken Glasflächen. Inaugural-Dissertation. Halle 1888.

J. ELSTER* und H. GEITEL*. Ueber Electricitätserregung beim Contact verdünnter Gase mit galvanisch glühenden Dräthen. S.-A. WIEDEM. Annalen Bd. XXXVII.

*E. WIEDEMANN. Zur Mechanik des Leuchtens. S.-A. WIEDEM. Ann. Bd. XXXVII.

F. HORN*. Beobachtungen über Gewitter in Bayern, Württemberg und Baden während des Jahres 1888. S.-A. Beobachtungen der Meteorologischen Stationen im Königreiche Bayern. Bd. X. Jahrgang 1888.

Mittheilungen der Section für Naturkunde des Oesterreichischen Touristen-Club. I. Jahrg. 1889, No. 5.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 7. Juni 1889.** Nr. 11.
Ausgegeben am 28. Juni.

Inhalt: R. v. Helmholtz. Strahlungsenergie von Flammen. 51—54. — E. Budde. Tautologische Contacte in der Mechanik des starren Körpers. 54—56. — Geschenke. 56.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **R. v. Helmholtz** sprach

über die Strahlungsenergie von Flammen.

Die Empfindlichkeit des in einer vorjährigen Sitzung vorgezeigten Bolometers (s. diese Verhandl. Jahrgang 7, pag. 71) war nach drei Methoden in absolutem Maass ermittelt und innerhalb $5{,}33 . 10^{-7} \frac{\text{Calorien}}{\text{qcm . Minute}} \pm 12$ pCt. liegend gefunden worden. Auf Grund dieser Zahl konnte die Energie, welche frei brennende Flammen in einer Minute nach allen Seiten hin aussenden, gemessen werden. Dieser Betrag dividirt durch die Zahl der in einer Minute verbrannten Liter des Brenngases, also der Quotient: absolute Strahlung durch Consum wurde „absolutes Strahlungsvermögen der Flamme“ (S) genannt.

Dasselbe erwies sich bei ein und demselben Brenngase, z. B. Leuchtgas als abhängig:

1) in geringem Maasse von der Höhe, also dem Consum der Flamme, insofern sowohl sehr niedrige, als sehr hohe (russende) Flammen relativ schwächer strahlen als mittlere;

2) in bedeutendem Maasse von dem Durchmesser des Brenners. Bei „nichtleuchtenden“ Flammen nahm innerhalb der Grenzen der Versuche S mit dem Durchmesser stets zu. Bei leuchtenden d. h. kohleausscheidenden existirte ein ge-

wisser Durchmesser, für welche ein Maximum des Strahlungsvermögens eintrat.

Auch für verschiedene Flammenformen ergaben sich sehr verschiedene *S*. Das höchste zeigte ein Argandbrenner.

3) *S* war bei entleuchteten Flammen abhängig von der Luftmenge, welche dem Leuchtgas beigemengt wurde. Es nahm nämlich ab je mehr Luft hinzutrat. Dagegen bewies die Strahlung einer in der Flamme glühenden Platinscheibe, dass die Temperatur der Flamme steigt, bis 4 Theile Luft auf 1 Theil Leuchtgas kommen, von da ab erst rasch abnimmt. Die Curve der Flammenstrahlung zeigt hier kein Maximum, höchstens einen Inversionspunkt.

4) Wurde die Flamme statt durch Luft durch reinen Sauerstoff entleuchtet, so war bei gleicher Sauerstoffmenge im letzteren Fall die Temperatur bedeutend, die Strahlung nur wenig grösser. Kohlensäure vermindert die Strahlung fast gar nicht, obgleich sie die Temperatur ungemein herabsetzt. Stickstof, dagegen vermindert auch die Strahlung.

5) Wärmt man die Gase bis über 400° vor, so steigt die Temperatur der Leuchtgasflamme über die Platinschmelze. Das Strahlungsvermögen dagegen nimmt bei „entleuchteten" Flammen durch Vorwärmung stets ab. Leuchtende Flammen können bei geeigneter Anordnung stärker strahlen, wenn sie vorgewärmt sind, weil der Kohlenstoff intensiver glüht (Intensivbrenner).

Diese Thatsachen, insbesondere die theilweise Unabhängigkeit der Strahlung von der Temperatur, werden nur verständlich wenn man die Flammenstrahlung im allgemeinsten Fall als zusammengesetzt betrachtet aus 3 Theilen:

Erstens der regulären Temperaturstrahlung des eventuell fest ausgeschiedenen Kohlenstoffs.

Zweitens der regulären Temperaturstrahlung der erhitzten Gase, soweit diese nach Tyndall gutes Strahlungsvermögen besitzen.

Drittens und hauptsächlich: aus der „chemischen Strahlung" der durch die Verbrennung neugebildeten Molecüle

— also z. B. H_2O- und CO_2-Molecüle. Es muss nämlich angenommen werden, dass diese in den ersten Momenten nach ihrer Bildung eine viel heftigere „innere" Bewegung, daher auch stärkeres Strahlungsvermögen besitzen als der mittleren Temperatur der Flamme und dem KIRCHHOFF'schen Gesetz entspricht. Von der Geschwindigkeit, mit welcher solche irreguläre chemische Strahlung auf reguläre Temperaturstrahlung herabgeht, wird u. a. die Energie der Gesammtstrahlung abhängen. Es lassen sich Gründe angeben, warum jene Geschwindigkeit bei höherer Anfangstemperatur grösser, d. h. warum die resultirende Gesammtstrahlung bei vorgewärmten Flammen kleiner sein kann.

Vergleicht man verschiedene verbrennende Gase, so ist hauptsächlich Folgendes bemerkenswerth: Wie H. W. JULIUS fand, dass die Flammenstrahlung ihrer Qualität, d. h. Wellenlänge nach nur abhänge von der Natur der Verbrennungsproducte, nicht von den verbrennenden Gasen, so ergiebt sich auch ein ähnliches quantitatives Gesetz aus folgender tabellarischer Zusammenstellung.

Gase	Liter		Absolute Strahlung in Calorien (Minute)			Relative Strahlung in Procent	
	H_2O	CO_2	hell	entleuchtet	berechnet	hell	entleuchtet
Wasserstoff	1	0		120			3,6
Kohlenoxyd	0	1		270			8,7
Grubengas	2	1	590	490	510	6,2	5,15
Oelbild. Gas	2	2	1720	765	780	11,5	5,12
Leuchtgas	1,2	0,5	450	272	280	8,5	5,12
Methylalkohol	2	1		550	510		6,7
Aethylalkohol	3	2		933	900		5,9
Aethyläther	5	4		1770	1690		5,9
Petroleum			2060			18,2	

Colonne 4 und 5 enthält die absoluten Strahlungsvermögen in Calorien für die leuchtende und nichtleuchtende Flammen. Letzteres ist in Colonne 6 „berechnet" aus der Annahme, dass jeder Liter entstehende Kohlensäure und jeder Liter entstehendes Wasser gleich viel Strahlung entwickele, in welcher Flamme er auch gebildet werde. Mit anderen Worten: es ist aus der Strahlung der reinen Wasserstoff- und der reinen

Kohlenoxyd-Flamme das Strahlungsvermögen sämmtlicher anderer Flammen mit Hülfe der theoretischen Menge der Verbrennungsproducte (s. Colonne 2 und 3) berechnet worden (z. B. Aethylalkohol $= 3.120+2.270 = 900$). Die Zahlen stimmen besser als erwartet werden konnte. Die Flammen müssen ähnliche Dimensionen, vor allem gleiche Durchmesser haben und nur soviel Luft enthalten, dass sie eben entleuchtet sind.

In den beiden letzten Colonnen sind die „relativen Strahlungsvermögen" angegeben, d. h. wie viel Procent der gesammten Verbrennungswärme in Strahlung umgesetzt werden; wie man sieht am meisten beim stark leuchtenden Petroleum. Alles bezieht sich auf Flammen von 6 mm Durchmesser.

Hr. **E. Budde** sprach darauf

über tautologische Contacte in der Mechanik des starren Körpers.

Wenn ein starrer Körper sich mit mehr als 3 Punkten auf eine Ebene stützt, so werden bekanntlich die Zwangskräfte, welche von der Ebene ausgehen, unbestimmt. Diese Bemerkung steht bis jetzt in der Litteratur als vereinzelte Thatsache da. Es liegt ihr aber ein allgemeines Princip zu Grunde, und der Vortragende spricht dasselbe folgendermassen aus: Eine Bedingung wird im Allgemeinen dadurch praktisch hergestellt, dass man eine im starren Körper feste Fläche Π zwingt, eine Fläche P zu berühren, die in einem gegebenen Coordinatensystem festliegt. Dabei kann sowohl Π wie P zu einem Punkt degeneriren. Jede Berührung eines Π mit einem P liefert im Allgemeinen eine Bedingung von der Form $\Omega\,(a, b, c, \varphi, \psi, \vartheta) = 0$, wo Ω ein Funktionszeichen ist, und $a, b, c, \varphi, \psi, \vartheta$ die 6 Coordinaten des Körpers repräsentiren. Sind n Contacte gegeben, so erhält man n Gleichungen von der Form $\Omega = 0$, und wenn diese n Gleichungen sämmtlich von einander unabhängig sind, so hat der starre Körper noch $6-n$ freie Coordinaten, wo n natürlich nicht grösser als 5 sein kann. Dabei liefert jeder Contact drei

Zwangskraftcomponenten Ξ, H, Z; stellt man also die Gleichgewichtsbedingungen für den starren Körper auf, so treten in diesen Gleichungen $3n+6-n$ oder $2n+6$ unbekannte Grössen auf. Zur Ermittelung derselben hat man 6 Gleichungen, welche aussagen, dass die Kräfte und Momente Null sind, und $2n$ Gleichungen, welche aussagen, dass die Zwangskräfte auf den Contactelementen senkrecht stehen. Die Gleichungen reichen also zur Bestimmung sämmtlicher Unbekannten aus. Es kann nun aber vorkommen, dass ausser den n unabhängigen Contacten noch ν weitere Contacte vorgeschrieben sind, und dass die Bedingungsgleichungen $\Omega = 0$, welche aus diesen neuen Contacten hervorgehen, nicht unabhängig, sondern in den n ersten Gleichungen schon enthalten sind. Dann sagen die ν neuen Contacte bezüglich der Beweglichkeit des starren Körpers nicht mehr aus, als schon in den ersten n Bedingungen ausgesagt ist. Deshalb nennt der Vortragende derartige Contacte tautologische oder überzählige. Dieselben haben folgende Eigenschaften: 1) Die Zahl der tautologischen Contacte kann beliebig gross sein, weil sie keinen Einfluss auf die Anzahl der gegebenen unabhängigen Bedingungen haben. 2) Handelt es sich darum, die Gleichgewichtslage des starren Körpers zu bestimmen, so kann man alle tautologischen Contacte einfach aus der Rechnung fortlassen, da ja die n unabhängigen Contacte alles Erforderliche über die Beweglichkeit des starren Körpers aussagen; man kann also auch die Coordinaten des starren Körpers, welche der Gleichgewichtsbedingung genügen, jederzeit bestimmen. 3) Sind tautologische Contacte vorhanden, so hat man $3(n+\nu)$ Zwangskräfte und $6-n$ freie Coordinaten zu bestimmen, also $2n+3\nu+6$ Unbekannte; dagegen hat man 6 Gleichungen für Componenten und Momente, und $2(n+\nu)$ Gleichungen, welche aussagen, dass die Zwangskräfte senkrecht auf den Contactelementen stehen, zusammen also $2n+2\nu+6$ Gleichungen, d. h. man hat ν Gleichungen weniger als Unbekannte. Da nun die $6-n$ Coordinaten des starren Körpers jederzeit bestimmt bleiben, trifft die hieraus hervorgehende Unbestimmtheit die Zwangskräfte; man erhält also den Satz: Sobald ein einziger tautologischer Contact vorhanden

ist, werden sämmtliche Zwangskräfte unbestimmt. Der oben citirte Fall von mehr als 3 Punkten in derselben Ebene ordnet sich diesem Satz offenbar unter, da die Lage einer Ebene durch drei Punkte bestimmt ist; ebenso der ABEL-CRELLE'sche Fall, wo mehr als zwei Unterstützungspunkte eines starren Körpers in denselben Geraden liegen. Man sieht aber hier, dass unendlich viele Fälle möglich sind, in denen die Zwangskräfte unbestimmt werden. Der Vortragende discutirte dieselben summarisch; das Nähere wird in einem Lehrbuch der Mechanik mitgetheilt werden, mit dessen Abfassung Hr. BUDDE beschäftigt ist.

Geschenke.

DIESTERWEG's Populäre Himmelskunde und Mathematische Geographie. 11. Aufl. Neu bearbeitet von *W. MEYER und *B. SCHWALBE. Berlin 1889.

P. DE HEEN.* Note sur le travail moléculaire des liquides organiques S.-A. Bulletin de l'Académie royale de Belgique. 3me série, tome XV, No. 1. 1888.

— —*. Détermination de la formule théorique exprimant les variations de volume que le mercure éprouve avec la température. S.-A. Bulletin de l'Académie royale de Belgique. 3me série, tome XVII. No. 3. 1889.

R. COURTOY*. Note sur les paratonnerres. S.-A. Bulletin de la Société Belge d'Électriciens. Mars 1888.

R. COURTOY* et R. BOULVIN*. De la foudre et des moyens d'en prévenir les dangers. Bruxelles 1889.

*K. STRECKER. Messung der Selbstinduction mit dem Telephon. S.-A. Elektrotechnische Zeitschrift. 1889.

P. DE HEEN*. Détermination des variations que le frottement intérieur pris sous diverses pressions éprouve avec la température. S.-A. Bulletin de l'Académie royale de Belgique. 3me série, tome XVI, No. 8. 1888.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 21. Juni 1889.** Nr. 12.
Ausgegeben am 1. August.

Inhalt: O. Frölich. Experimentelle Darstellung einer neuen Methode zur Beobachtung von Schwingungscurven. 57. -- J. Gad. Untersuchungen über die Theorie der Muskelzusammenziehung. 57. — Geschenke. 57 bis 58.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **O. Frölich** führte alle diejenigen Experimente vor, welche er in seinem am 5. April dieses Jahres (siehe Nr. 7 der diesjährigen Verhandlungen) gehaltenen Vortrage

über eine neue Methode der Darstellung von Schwingungscurven

beschrieben hatte.

Hr. **J. Gad** sprach darauf

über den Einfluss der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit der Muskelsubstanz.

Der Inhalt des Vortrages, welchem Versuche des Hrn. Dr. C. Heymans zu Grunde lagen, wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Geschenke.

L. Niesten*. De l'influence de la nutation diurne dans la discussion des observations de γ draconis faites à l'Observatoire de Greenwich. S.-A. Mémoirs couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de Belgiques. Tome XL. 1887.

— —*. De l'influence de la nutation diurne dans la discussion des observations de α lyrae faites à l'Observatoire de Washington. S.-A.

Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale Belgique. Tome XLIII. 1889.

F. Folie* et L. Niesten*. Nouveaux résultats relatifs à la détermination des constantes de la nutation diurne. S.-A. Bulletin de l'Académie royale de l'Académie royale de Belgique. 3me série. Tome XVII, Nr. 2. 1889.

L. Niesten*. Sur l'aspect physique de la planète Mars pendant l'opposition de 1888. S.-A. Bulletin de l'Académie royale de Belgique. 3me série. Tome XVI, Nr. 7. 1888.

— —* D'éclipse totale de soleil du 19 août 1887, observée à Jurjewetz (Russie). S.-A. Annuaire de l'Observatoire royale de Bruxelles pour 1889.

— —* Démonstration pratique de l'existence de la nutation diurne. S.-A. Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale de Belgiques. Tome LI. 1888.

— —* Des planes planétaires et l'équateur solaire. S.-A. Annales de l'Observatoire royale de Bruxelles. Tome VII. Nouvelle série.

*O. E. Meyer. Messungen der erdmagnetischen Kraft in Schlesien und Untersuchungen über Gebirgsmagnetismus. S.-A. Jahresbericht der der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. Sitzung der Naturwissenschaftlichen Section am 24. October 1888.

— — Ueber Gebirgsmagnetismus. S.-A. Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Cöln 1888.

A. Gélyi*. Ueber „Beiträge zur Geschichte der Transformatoren von Franz Wilking.

Proceedings and Transactions of the Scientific Association, Meriden, Conn. 1887-1888. Vol. III. Meriden, Conn. 1889.

E. Dickerson*. Joseph Henry and the magnetic telegraph. An address delivered at Princeton College, June 16, 1885. New-York 1885.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 25. October 1889.** Nr. 13.
Ausgegeben am 11. December.

Inhalt: Nachruf an Robert von Helmholtz und Albrecht Müller. 59—60. — W. von Bezold: Ueber die verschiedenen Ursachen der Wolken- und Niederschlagsbildung. 60. — H. von Helmholtz: Zur Theorie von Wind und Wellen. 61—76. —

Vorsitzender: Zuerst Hr. A. Kundt,
dann Hr. H. von Helmholtz.

Vor Eintritt in die Tagesordnung erinnerte Hr. A. Kundt an den traurigen Verlust, den die Gesellschaft seit ihrer letzten Sitzung durch den Tod zweier ihrer Mitglieder erlitten hat.

Am 5. August starb zu Charlottenburg

Robert von Helmholtz,

und am 8. September zu Hertelsaue

Albrecht Müller.

In Robert von Helmholtz verliert unsere Gesellschaft eins ihrer eifrigsten Mitglieder, die Wissenschaft einen der tüchtigsten strebsamsten Jünger. Schon mit seinen ersten Arbeiten hatte sich R. v. Helmholtz einen gesicherten, geachteten Platz in der Wissenschaft erworben; eben hatte er eine umfangreiche Untersuchung über die Strahlung der Flammen beendet, die ihm den Preis des Vereins für Gewerbefleiss eintrug, jetzt sollte er in eine feste, seiner Neigung entsprechende Stellung bei der

physikalisch-technischen Reichsanstalt eintreten, um unter den Augen seines Vaters weiter zu arbeiten, als ein unerbittliches Geschick ihn von uns fortnahm.

Alle, die ihn als Physiker hier in unserer Gesellschaft kannten, wissen, wie sich bei ihm auf der Grundlage umfassenden, reichen Wissens glückliche Gedanken mit aussergewöhnlichem Talent und Energie für experimentelle Forschung verbanden, Alle die ihm persönlich näher getreten sind, werden nicht vergessen, wie er sich unter schweren Leiden frohen Lebensmuth und Lebensfreude bewahrt hatte, werden eingedenk bleiben seiner bescheidenen Freundlichkeit, seiner seltenen Liebenswürdigkeit. Mit all diesen schönen Gaben ist er so früh uns genommen und uns bleibt nur die Erinnerung an den jungen, hoffnungsvollen Mitarbeiter unserer Wissenschaft, an den, in des Wortes bester Bedeutung, edlen Menschen.

Sein Angedenken, dessen bin ich gewiss, wird bei uns Allen ein dauerndes bleiben.

Zu Ehren der beiden Verstorbenen erheben sich die Anwesenden von den Sitzen.

Hr. **W. v. Bezold** spricht darauf

Ueber die verschiedenen Ursachen der Wolken- und Niederschlagsbildung.

Der Inhalt des Vortrages wird demnächst in den Sitzungsberichten der hiesigen Akademie veröffentlicht werden.

Hr. **H. v. Helmholtz** spricht dann:

Zur Theorie von Wind und Wellen,

worüber hier folgender Auszug aus einer der Berliner Akademie unter dem 25. Juli dieses Jahres gemachten Mittheilung abgedruckt wird:

In meiner am 31. Mai 1888 der Berliner Akademie gemachten Mittheilung habe ich nachzuweisen gesucht, dass im Luftkreis regelmässig Zustände eintreten müssen, wo Schichten von verschiedener Dichtigkeit, unmittelbar an einander grenzend, über einander liegen. Der Grund für die grössere Schwere der tiefer liegenden Schicht wird dadurch bedingt sein, dass letztere entweder geringeren Wärmegehalt oder geringere Umlaufsgeschwindigkeit hat, wenn nicht beide Umstände zusammenwirken. Sobald nun eine leichtere Flüssigkeit über einer schwereren mit scharf gezogener Grenze liegt, so sind offenbar an dieser Grenze die Bedingungen für das Entstehen und die regelmässige Fortpflanzung von Wogen gegeben, wie wir sie an der Wasserfläche kennen. Dieser gewöhnlich beobachtete Fall der Wellen an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft ist nur dadurch von den zwischen verschiedenen Luftschichten möglichen Wellensystemen unterschieden, dass dort die Differenz der specifischen Gewichte der beiden Flüssigkeiten viel grösser ist, als hier. Es schien mir von Interesse zu untersuchen, welche anderen Unterschiede im Verhalten der Luftwellen und Wasserwellen daraus folgen.

Dass dergleichen Wellensysteme an den Grenzflächen verschieden schwerer Luftschichten ausserordentlich häufig vorkommen, scheint mir nicht zweifelhaft, wenn sie uns auch in den meisten Fällen unsichtbar bleiben. Wir sehen sie offenbar nur dann, wenn die untere Schicht so weit mit Wasserdampf gesättigt ist, dass die Wellenberge, in denen der Druck geringer ist, Nebel zu bilden anfangen. Dann erscheinen streifige parallele Wolkenzüge in sehr verschiedener Breite, sich zuweilen über breite Himmelsflächen in regelmässiger Wiederholung erstreckend. Indessen scheint es mir nicht zweifelhaft, dass das, was wir so unter besonderen Bedingungen, die mehr den Charakter von

Ausnahmefällen haben, wahrnehmen, in zahllosen anderen Fällen vorhanden ist, ohne dass wir es sehen.

Die von mir angestellten Rechnungen zeigen ferner, dass bei den beobachteten Windstärken sich im Luftkreise nicht nur kleine Wellen, sondern auch solche von mehreren Kilometern Wellenlänge ausbilden können, die, wenn sie in der Höhe von einem oder einigen Kilometern über dem Erdboden hinziehen, die unteren Luftschichten stark in Bewegung setzen und sogenanntes böiges Wetter hervorbringen müssen. Das Eigenthümliche desselben sehe ich darin, dass Windstösse, oft von Regen begleitet, nach ziemlich gleichen Zwischenzeiten und in ziemlich gleichem Verlauf mehrmal des Tages an demselben Orte wiederkehren*).

Ich glaube annehmen zu dürfen, dass diese Wellenbildungen in der Atmosphäre die häufigste Veranlassung zur Vermischung der atmosphärischen Schichten, und unter geeigneten Umständen, wenn die aufsteigenden Massen Nebel bilden, zu Störungen eines nahezu labil gewordenen Gleichgewichts abgeben. Unter solchen Bedingungen, wo wir Wasserwellen branden und Schaumköpfe bilden sehen, werden zwischen den Luftschichten sich ausgiebige Mischungen herstellen müssen.

Ich habe im Anfange meines früheren Aufsatzes auseinandergesetzt, wie ungenügend die bekannten Intensitäten der inneren Reibung und Wärmeleitung der Gase sind, um die Ausgleichung der Bewegungen und Temperaturen in der Atmosphäre zu erklären. Wenn nun die mechanische Wärmetheorie uns gelehrt hat die Reibung in den Gasen als die Vermischung verschieden bewegter Schichten, die Wärmeleitung als die Vermischung verschieden temperirter Schichten aufzufassen: so ist verständlich, dass eine ausgiebigere Vermischung der Schichten in der Atmosphäre die Wirkungen der Reibung und Wärmeleitung in erhöhtem Maasse hervorbringen muss**), aber allerdings nicht in

*) Die Annahme von Wogenbildung im Luftmeere, die ich kurz schon in meiner ersten Mittheilung ausgesprochen, ist seitdem auch von Hrn. Jean Luvini vorgetragen worden („La Lum. Électr. T. XXX, 368, 617, 620).

**) Es würde das vielleicht den Voraussetzungen entsprechen, die der von

ruhigem, gleichmässigem Fortgange, sondern ruckweise springend, wie es eben der besondere Charakter der meteorologischen Processe ist.

Ich habe es deshalb für wichtig gehalten die Theorie der Wellen an der gemeinsamen Grenzfläche zweier Flüssigkeiten zu bearbeiten. In den bisherigen Arbeiten über Wasserwellen ist, soweit mir bekannt, der Einfluss der Luft und deren Mitbewegung immer vernachlässigt worden*); das durfte in der vorliegenden Arbeit nicht geschehen. Das Problem wird dadurch viel verwickelter und schwieriger; und da schon die einfachere Aufgabe die vom Einfluss des Windes absieht, unter den Händen vieler ausgezeichneter Mathematiker nur unvollständige und angenäherte Lösungen unter günstig gewählten Voraussetzungen gefunden hat, so bitte ich zu entschuldigen, dass ich zunächst auch nur einen einfachsten Fall des Problems behandelt habe, nämlich die Bewegung geradliniger Wellenzüge, welche an der ebenen Grenzfläche unendlich ausgedehnter Schichten zweier verschieden dichter Flüssigkeiten, die verschieden strömende Bewegung haben, sich in unveränderter Form und mit constanter Geschwindigkeit fortpflanzen. Ich werde Wogen dieser Art stationäre Wogen nennen, da sie auf ein Coordinatensystem bezogen, welches selbst mit den Wellen fortrückt, eine stationäre Bewegung der beiden Flüssigkeiten darstellen. Da in der relativen Bewegung der verschiedenen Theile eines geschlossenen Körpersystems dadurch nichts geändert wird, dass das Ganze eine gleichmässige geradlinige Geschwindigkeit nach irgend einer Richtung hin erhält, so ist diese Umformung unseres Problems erlaubt.

Ehe ich zu der Theorie der Luftwogen übergehe, will ich aber noch eine Ergänzung der in meiner Mittheilung an die Akademie vom Mai 1888 gegebenen Betrachtungen vorführen,

---

Hrn. Oberbeck (15. März 1888) der Berliner Akademie vorgelegten Theorie zu Grunde liegen.

*) Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in erster Annäherung ist bestimmt durch Sir W. Thomson, Phil. Magaz. (4) 42. p. 368. 1871.

durch welche das räumliche Gebiet, in welchem wir die Bedingungen für die Entstehung von Luftwogen zu suchen haben, näher begrenzt wird.

Das Aufsteigen gemischter Schichten.

In § 3 meiner früheren Mittheilung habe ich nachgewiesen, welches die Gesetze des Gleichgewichts, — falls es zu einem solchen käme, — zwischen verschieden erwärmten und verschieden stark rotirenden Luftringen in der Atmosphäre, die übrigens alle als unter sich gleichartig in der Mischung angenommen sind, sein würden. Ich gehe zurück auf die Gleichung 4a (S. 654). Darin ist die Lage eines Punktes der Atmosphäre gegeben durch die Grössen

ϱ Entfernung von der Erdaxe,

r Entfernung vom Mittelpunkt der Erde.

Ferner ist ω_0 die Winkelgeschwindigkeit der festen Erde, Ω_1 und Ω_2 sind die constant bleibenden Momente der Rotationsbewegung für die Einheit der Masse der einen oder anderen Luftschicht; ϑ_1 und ϑ_2 sind die Grössen, welche ich ihren Wärmegehalt genannt, und die wohl besser mit dem von Hrn von Bezold glücklich gewählten Namen der potentiellen Temperaturen bezeichnet werden, nämlich diejenigen Temperaturen, welche die betreffenden Luftmassen erhalten würden, wenn beide adiabatisch auf normalen Druck gebracht wären. G ist die Constante der Schwere. Dann ist längs der Grundfläche *):

$$(1.) \qquad \frac{G}{r^2}\,dr = \frac{d\varrho}{\varrho^3}\left[\frac{\Omega_1^2.\vartheta_2 - \Omega_2^2.\vartheta_1}{\vartheta_2 - \vartheta_1} - \omega_0^2\varrho^4\right].$$

Das Verhältniss $d\varrho : dr$ bezeichnet zugleich das Verhältniss der Sinus der beiden Winkel, welche die Tangente der Curve in der Meridianebene einerseits mit der Erdaxe, andererseits mit der Horizontale bildet. Wenn die wärmere Schicht, wie es gewöhnlich der Fall sein wird, gleichzeitig das grössere Rotationsmoment hat, ist das Verhältniss $d\varrho : dr$ negativ, und die Tangente der Grenzfläche schneidet das Himmelsgewölbe unterhalb des

*) In der früheren Mittheilung hat die Formel einen Druckfehler. Links im Nenner muss r^2 stehen statt r_2.

Pols. Die kühlere, langsamer rotirende Masse, der wir den Index 2 geben wollen, liegt in den spitzen Winkel zwischen der Grenzfläche und der polwärts gewendeten Erdoberfläche.

Wenn nun längs der Grenzfläche beider Schichten eine Vermischung von Massentheilen m_1 und m_2 derselben eintritt, so wird das Rotationsmoment Ω der gemischten Masse gegeben durch die Gleichung:

$$(m_1+m_2).\Omega = m_1.\Omega_1+m_2.\Omega_2,$$

da die Summe der Rotationsmomente unveränderlich ist, wenn keine rotirenden Kräfte von aussen einwirken. Ebenso wird die potentielle Temperatur ϑ der Mischung gegeben durch:

$$(m_1+m_2)\vartheta = m_1.\vartheta_1+m_2.\vartheta_2.$$

Setzen wir nun in Gleichung (1.) die Mischung zunächst an Stelle der Masse (2.), um die Richtung der Grenzlinie zwischen der Masse (1.) und der Mischung zu finden, und bezeichnen wir die entsprechenden Werthe von $d\varrho$ und dr mit $d\varrho_1$ und dr_1, so giebt unsere Gleichung (1.) nach einigen leichten Umformungen

$$\text{(1a.)} \qquad \varrho^3.\frac{G}{r^2}\left[\frac{dr_1}{d\varrho_1}-\frac{dr}{d\varrho}\right] = \frac{m_1\vartheta_1}{m_1+m_2}.\frac{(\Omega_1-\Omega_2)^2}{\vartheta_2-\vartheta_1}.$$

Da im stabilen Gleichgewicht $\vartheta_2 < \vartheta_1$ sein muss, so zeigt diese Gleichung, dass

$$\frac{dr_1}{d\varrho_1} < \frac{dr}{d\varrho} \quad \text{oder} \quad \frac{d\varrho_1}{dr_1} > \frac{d\varrho}{dr},$$

d. h. dass die Grenzfläche zwischen (1.) und der Mischung steiler gegen die Horizontalebene als die von (1.) und (2.) stehen muss.

Ebenso ergiebt sich, dass das Verhältniss $dr_2:d\varrho_2$ zwischen Masse (2.) und Mischung gegeben wird durch die Gleichung:

$$\varrho^3.\frac{G}{r^2}\left[\frac{dr_2}{d\varrho_2}-\frac{dr}{d\varrho}\right] = \frac{m_2.\vartheta_2}{m_1+m_2}.\frac{(\Omega_1-\Omega_2)^2}{\vartheta_1-\vartheta_2}.$$

Es ist also $\frac{dr_2}{d\varrho_2} > \frac{dr}{d\varrho}$, d. h. die Grenzfläche zwischen (2.) und Mischung muss mit dem polwärts gerichteten Horizont einen kleineren Winkel als die Masse (1.) bilden.

Es ist hierbei zu beachten, dass die Verhältnisse $d\varrho : dr$ positiv sind, wenn die Tangente der Grenzlinie steiler als die Pollinie steht, im anderen Falle negativ, und dass das Grösser-

werden einer negativen Grösse Verkleinerung ihres absoluten Werthes bedeutet.

Nun kann die geforderte Richtung für die beiden Grenzlinien der Mischung aber nur eintreten, wenn diese sich zwischen den beiden Massen (1.) und (2.) nach oben in die Höhe zieht. Nur dort kann sie eine Gleichgewichtslage finden.

Daraus ergiebt sich die wichtige Folgerung, dass alle neu entstehenden Mischungen von Schichten, die mit einander im Gleichgewicht waren, sich zwischen den beiden ursprünglich vorhandenen Schichten in die Höhe ziehen müssen, ein Vorgang, der natürlich viel energischer vor sich gehen wird, wenn in den aufsteigenden Massen sich Niederschläge bilden sollten.

Indem die gemischten Schichten nach aufwärts steigen, werden sich die nördlich und südlich davon liegenden, bisher ruhig gebliebenen Theile der Schichten unter einander bis zur Berührung nähern, wobei die Differenz ihrer Geschwindigkeiten sich nothwendig vergrössern muss, da die äquatorialwärts gelegenen Schichten grösserer Rotation auf engeren Radius, die polwärts gelegenen schwächerer Rotation auf grösseren Radius rücken. Geschähe dieses gleichmässig auf einem ganzen Parallelkreise, so würden wir wieder eine neue Trennungsfläche verschieden stark rotirender Schichten erhalten, deren äquatoriale Seite stärkeren Westwind zeigen würde als die polare, welche letztere gelegentlich auch Ostwind zeigen könnte. Bei den vielfachen localen Störungen der grossen Luftströme wird sich in der Regel wohl keine zusammenhängende Trennungslinie ausbilden, sondern diese wird in einzelne Stücke zerfallen, welche als Cyclone auftreten müssen.

Sobald die sämmtlichen gemischten Massen aber ihr Gleichgewicht gefunden haben, werden sich unten wieder die Trennungsflächen bilden, und neue Wellenbildung wird eine Wiederholung derselben Processe einleiten *).

*) Im letzten Abschnitt meiner früheren Mittheilung habe ich den Ursprung der Discontinuitäten hauptsächlich in die oberen Schichten der Atmosphäre gelegt. Aber der Ausgangspunkt war dort ein anderer. Dort war die Frage: wenn einmal die Atmosphäre in einem Anfangsstadium continuirlicher

Aus diesen Erwägungen folgt, dass der Ort der Wogenbildung zwischen den Luftschichten namentlich in den tieferen Theilen der Atmosphäre zu suchen sein wird, während in den höheren ein überwiegend continuirlicher Uebergang der verschiedenen Werthe der Rotation und Temperatur zu erwarten ist. Die Grenzflächen verschiedener Luftschichten, auf denen die Wellen verlaufen, werden ein Ufer am Erdboden haben und die Schichten dort seicht auslaufen. Die Erfahrung lehrt ebenso wie die Theorie, dass Wasserwellen, die gegen ein seichtes Ufer anlaufen, dort branden; und selbst Wellen, die ursprünglich dem Ufer parallel fortliefen, pflanzen sich in seichtem Wasser langsamer fort. Anfangs geradlinige Wellen also, die dem Ufer parallel fortlaufen, werden in Folge der Verzögerung daselbst sich krümmen müssen, wobei sie die Convexität ihres Bogens dem Ufer zuwenden; in Folge dessen laufen sie auf dieses zu und zerschellen.

Ich werde im nächsten Abschnitt zeigen, in welchen Verhältnissen die Bewegungen und Formen der Wasserwellen geändert werden müssen, um auf die Luft übertragen zu werden. Ganz streng sind diese Verhältnisse von den Wasserwellen, die am Ufer zerschellen, allerdings auf die Luft nicht zu übertragen, auch giebt selbst die bisherige einfachere Theorie, die den Einfluss der Luft vernachlässigt, darüber keinen vollständigen Aufschluss. Aber die Bedingungen entfernen sich doch nicht erheblich von denen, wo wir strenge Uebertragungen machen können, und ich glaube deshalb nicht zweifeln zu dürfen, dass Luftwellen, die in dem idealen, rings um die Axe symmetrischen Luftkreise zunächst nur in westöstlicher Richtung laufen könnten, einmal erregt, sich der Erdoberfläche zuwenden und in nordwestlicher

---

Bewegung ohne Trennungsflächen wäre, wo würden sich solche zuerst bilden müssen? Darauf lautet die Antwort: an den oberen Grenzen des tropischen Calmengürtels. Hier ist die Frage: wo werden sich in Folge von Vermischungsprocessen Trennungsflächen erneuern müssen? Aber den Satz auf S. 661, der vom Herabsteigen der gemischten Schichten redet, muss ich zurücknehmen, nachdem ich das in diesem Paragraphen besprochene Gesetz gefunden.

Richtung (auf der nördlichen Halbkugel) gegen diese anlaufend zerschellen müssen.

Ein anderer Process, der das Branden der Wellen auf der Höhe ihrer Berge bewirken kann, ist die allmälige Steigerung des Windes. Das bestätigt auch meine Analyse; sie zeigt, dass Wellen von gegebener Wellenlänge nur bei beschränkter Windstärke bestehen können. Es wird Steigerung des Geschwindigkeitsunterschieds in der Atmosphäre oft genug vorkommen können, aber es lassen sich noch nicht allgemein wirkende Bedingungen für einen solchen Vorgang angeben.

Ich will hier gleich noch einen Punkt erwähnen, der Bedenken gegen meine Deutung erregen könnte. Hoch aufgetriebene Wasserwellen haben immer schmalere, stärker gekrümmte Wellenberge und breitere, flacher gekrümmte Thäler. Die Analyse ergiebt dasselbe unabhängig von der Art der Medien. Luftwellen, wenn sie uns als Wolkenstreifen sichtbar werden, haben dagegen rundere Köpfe. Dabei müssen wir aber bedenken, dass nach den zuerst von Reye aufgestellten Sätzen Luft, die Nebel gebildet hat, leichter wird, als sie vorher war. Was wir als Nebel erscheinen sehen, drängt also nach oben und schwellt die Wellenberge mehr, als es in durchsichtiger Luft der Fall zu sein braucht.

Folgerungen aus dem Princip der mechanischen Aehnlichkeit.

Beschränken wir uns auf die Aufsuchung von solchen geradlinigen Wellen, welche ohne Aenderung ihrer Form sich mit constanter Geschwindigkeit fortpflanzen, so können wir uns, wie schon bemerkt, eine solche Bewegung als eine stationäre vorstellen, indem wir den beiden Medien eine constante geradlinige Geschwindigkeit beigelegt denken, welche der der Wellen gleich und entgegengesetzt gerichtet ist. Dadurch wird bekanntlich an den relativen Bewegungen der verschiedenen Theile der Massen gegen einander nichts geändert. Die Grenzfläche beider Medien erscheint alsdann als eine im Raume feste Fläche, über ihr strömt das obere Medium in einer, das untere in entgegen-

gesetzter Richtung. In grösserer Entfernung von der Grenzfläche werden beide Bewegungen in eine geradlinige Strömung von constanter Geschwindigkeit übergehen, in der Nähe der gewellten Grenzfläche dagegen der Richtung dieser folgen müssen.

Bezeichnen wir nun die Geschwindigkeitscomponenten der Flüssigkeitstheilchen in dem durch die rechtwinkeligen Coordinaten x, y gegebenen Punkte beziehlich mit u und v, so sind diese nach den gemachten Annahmen unabhängig von der Zeit, und wir können sie für incompressible Flüssigkeit bei rotationsfreier Strömung bekanntlich darstellen in der Form:

$$u = -\frac{\partial \psi}{\partial y}$$

$$v = \frac{\partial \psi}{\partial x},$$

wo ψ eine Funktion der Coordinaten ist, die der Differentialgleichung genügt:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0. \tag{2.}$$

Die Gleichungen

$$\psi = \text{Const.}$$

sind in diesem Falle bekanntlich die Strömungslinien der Flüssigkeit. Die Grenzlinie beider Flüssigkeiten muss eine solche Strömungslinie sein, und wir wollen ihr für beide Seiten den Werth

$$\bar{\psi}_1 = 0 \quad \text{und} \quad \bar{\psi}_2 = 0$$

beilegen. Die oben gestrichenen Buchstaben sollen sich auch im Folgenden immer auf die Werthe an der Grenzfläche beziehen.

Die erste Grenzbedingung, die wir zu erfüllen haben, ist also, dass, wenn wir ψ_1 und ψ_2 als Functionen von x und y darstellen, die beiden Gleichungen

$$\bar{\psi}_1 = 0 = \bar{\psi}_2 \tag{2a.}$$

eine übereinstimmende Lösung zulassen.

Die zweite Grenzbedingung ist die, dass der Druck an der Grenzfläche an beiden Seiten derselbe sein muss.

$$\bar{p}_1 = \bar{p}_2. \tag{2b.}$$

Nun ist unter den gemachten Voraussetzungen, wenn s die Dichtigkeit der betreffenden Flüssigkeit und C eine Constante bezeichnet:

$$p = C - s.g.x - \tfrac{1}{2}s.\left[\left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\psi}{\partial y}\right)^2\right].$$

Die Gleichung (2b.) ist also zu schreiben:

$$(3.) \qquad \text{Const} = (s_1 - s_2)g.\bar{x} + \tfrac{1}{2}s_1.\left(\frac{\partial\psi_1}{\partial N_1}\right)^2 - \tfrac{1}{2}s_2.\left(\frac{\partial\psi_2}{\partial N_2}\right)^2.$$

Die Gleichungen (2.) und (2a.) bleiben richtig, wenn wir entweder die Werthe beider Coordinaten x und y, oder den des ψ_1, oder den des ψ_2 in beliebigem Verhältnisse vergrössern. Da die Dichtigkeiten s_1 und s_2 in den genannten Gleichungen nicht vorkommen, so kann auch deren Aenderung beliebig geschehen. Die Gleichung (3.) aber erfordert, dass die Grössen

$$\frac{s_1}{s_2 - s_1}.\left(\frac{\partial\psi_1}{\partial N_1}\right)^2.\frac{1}{x} \text{ und } \frac{s_2}{s_2 - s_1}.\left(\frac{\partial\psi_2}{\partial N_2}\right)^2.\frac{1}{x}$$

unverändert bleiben. Wenn also s_1 und s_2 sich ändern, und wir ihr Verhältniss

$$\frac{s_1}{s_2} = \sigma$$

setzen, ferner die Coordinaten auf das $n$fache wachsen, ψ_1 auf das $a_1$fache, ψ_2 auf das $a_2$fache, so müssen

$$\frac{\sigma}{1-\sigma}.\frac{a_1^2}{n^2} \text{ und } \frac{1}{1-\sigma}\frac{a_2^2}{n^2}$$

beide ungeändert bleiben.

Oder wenn wir hierin die Verhältnisse, in denen die Geschwindigkeiten geändert sind

$$\frac{a_1}{n} = b_1$$

$$\frac{a_2}{n} = b_2$$

setzen, kann der obige Satz auch so ausgesprochen werden, dass die geometrisch ähnliche Wellenform eintreten kann, wenn

$$\frac{\sigma}{1-\sigma}\cdot\frac{b_1^2}{n} \text{ und } \frac{1}{1-\sigma}\cdot\frac{b_2^2}{n}$$

ungeändert bleiben.

1. Wird das Verhältniss der Dichtigkeiten nicht geändert, so müssen in geometrisch ähnlichen Wellen die Lineardimensionen wie die Quadrate der Geschwindigkeiten beider Medien wachsen; die letzteren also in gleichem Verhältniss.

Bei doppelter Windgeschwindigkeit werden wir also Wellen von vierfachen Lineardimensionen haben können.

Dieser Satz ist nicht auf stationäre Bewegungen beschränkt, sondern allgemeingültig*). Die weiteren Sätze gelten aber nur für stationäre Wogen.

2. Wenn das Verhältniss der Dichtigkeiten σ geändert wird, muss constant bleiben die Grösse

$$\sigma\cdot\frac{b_1^2}{b_2^2}=\frac{s_1.b_1^2}{s_2.b_2^2}=\text{Const.}$$

d. h. das Verhältniss der lebendigen Kräfte entsprechender Volumeinheiten muss ungeändert bleiben. Als entsprechende Volumeinheiten haben namentlich die zu gelten, welche in das Bereich der von der Wellenfläche entfernteren geradlinigen Strömung fallen; aber auch für solche Volumelemente, deren Mittelpunkte einander abbilden, gilt dasselbe.

3. Sollen bei geänderten Dichtigkeiten geometrisch ähnliche Wellen dieselbe Wellenlänge behalten ($n=1$), so muss wachsen

$$b_1 \text{ wie } \sqrt{\frac{1}{\sigma}-1}=\sqrt{\frac{s_2-s_1}{s_1}}$$

$$b_2 \text{ wie } \sqrt{1-\sigma}=\sqrt{\frac{s_2-s_1}{s}}.$$

Für Luft und Wasser ist bei 0° C. das Verhältniss

$$\sigma=\frac{1}{773{,}4}$$

*) S. meinen Aufsatz: „Ueber ein Theorem geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend“ in Monatsberichten der Akademie 1873, S. 501-514.

zwischen zwei Luftschichten von 0° und 10°

$$\sigma = \frac{273}{283}.$$

Sollen beide Grenzflächen congruente Wellen, also auch gleiche Wellenlänge zeigen, und bezeichne ich die Grössen b_1 und b_2 im letzteren Falle mit β_1 und β_2, so wäre hiernach zu nehmen

$$b_1 = 145{,}21 . \beta_1$$
$$b_2 = 5{,}316 . \beta_2.$$

Beide Geschwindigkeiten also, namentlich die des Windes relativ zu den Wellen müssten für die Luftwogen erheblich vermindert werden.

Bei der Windstärke

$$b_1 + b_2 = 10 \text{ m per Sec.}$$

scheint nach den Angaben von Hann und nach eigenen gelegentlichen Beobachtungen die Wellenlänge von 1 m mit nahehin 1 m Geschwindigkeit vorzukommen. Das würde ergeben

$$b_1 = 9 \text{ m},$$
$$b_2 = 1 \text{ m}.$$

Daraus ergiebt sich der Werth für solche Wasserwogen der bei Veränderungen des Materials unveränderlichen Grösse.

$$p = \frac{s_2 . b_2^2}{s_1 . c_1^2} = \frac{773{,}4}{81}.$$

Setzen wir nun für das Verhältniss der Dichtigkeiten das der beiden oben genannten Luftschichten, so wird

$$\frac{\beta_2}{\beta_1} = 3{,}0349$$

und wenn wir die Windgeschwindigkeit von 10 m festhalten,

$$\beta_2 + \beta_1 = 10,$$

so ergiebt sich

$$\beta_2 = 7{,}5216,$$
$$\beta_1 = 2{,}4784.$$

Bei der Steigerung von β_1 von $\frac{1 \text{ m}}{145{,}21}$ im vorigen Fall auf 1 m in diesem, wird λ auf $(145{,}21)^2$ wachsen müssen, d. h. von 1 m auf 21094 m wachsen müssen. So würde also eine mässige

Windgeschwindigkeit von 10 m im Luftmeer Wellen von 21 km Wellenlänge erregen können, so dass eine einzelne schon den grössten Theil des Horizonts des Beobachters decken könnte, und deren Vorübergang über dem Orte des Beobachters bei untrer Windstille drei Viertelstunden dauern könnte.

Das Princip der mechanischen Aehnlichkeit, auf welches die Sätze dieses Paragraphen begründet sind, gilt für alle Wellen, die in constanter Form und mit constanter Fortpflanzungsgeschwindigkeit vorwärts gehen. Es lässt sich deshalb auch auf die Wellen in seichtem Wasser, wenn dieses gleichmässige Tiefe hat, übertragen, vorausgesetzt, dass die Tiefe der unteren Schicht in dem Abbilde in gleichem Verhältniss, wie die übrigen Lineardimensionen der Wellen verändert wird.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit solcher Wellen in seichtem Wasser hängt von der Tiefe des Wassers ab. Für Wasserwellen von geringer Höhe und ohne Wind kann sie in bekannter Weise berechnet werden. Wenn wir die Tiefe des Wassers mit h bezeichnen und

$$\frac{2\pi}{\lambda} = n$$

setzen, ist

$$b^2 = \frac{g}{n} \cdot \frac{e^{nh} - e^{-nh}}{e^{nh} + e^{-nh}},$$

was für $h = \infty$ in

$$b^2 = \frac{g}{n} = \frac{g\lambda}{2\pi}$$

und für kleine Werthe von h in

$$b^2 = gh$$

übergeht. Wenn übrigens die Tiefe des Wassers nicht verhältnissmässig klein gegen die Wellenlänge ist, so ist die Verzögerung unbedeutend

$\frac{h}{\lambda} = \frac{1}{2}$	verringert	die	Fortpflanzungsgeschwindigkeit	wie	1 : 0,95768
$= \frac{1}{4}$	-	-	-	-	1 : 0,80978
$= \frac{1}{10}$	-	-	-	-	1 : 0,39427.

Der Wind unter den Wellenthälern ist bei unterer Windstille der Fortpflanzungsgeschwindigkeit entgegen, unter den

Wellenbergen aber gleich gerichtet. Da die Amplituden am Boden wie $e^{-nh} : 1$ gegen die der Oberfläche abnehmen, so können sich unten diese Schwankungen nur bemerklich machen, wenn die Tiefe merklich kleiner als die Wellenlänge ist. Aenderungen des Barometerstandes sind nur zu erwarten, wenn beim Vorübergang der Wellen starker Windwechsel merklich wird.

Die Energie der Wellen.

Wenn man die Energie der unter dem Einfluss von Wind erregten Wasserwellen untersucht und mit derjenigen vergleicht, welche den bei ebener Grenzfläche mit derselben Geschwindigkeit gleichmässig fortströmenden beiden Flüssigkeiten zukommen würde, so findet man, dass eine grosse Zahl der möglichen stationären Wellenbewegungen einen geringeren Energievorrath erfordern, als die entsprechende Strömung bei ebener Grenzfläche. Daraus folgt, dass die Strömung mit ebener Grenzfläche sich den genannten Wellenbewegungen gegenüber wie ein Zustand labilen Gleichgewichts verhält. Daneben giebt es andere Formen stationärer Wellenbewegung, wo der Energievorrath der beiden in wogender Bewegung begriffenen Massen derselbe ist, wie bei gleich starker Strömung mit ebener Grenzfläche, und endlich solche, wo er grösser ist.

Der Grund hiervon ist in folgenden Umständen zu suchen. In der wogenden Wassermasse sind zwei Formen der Energie vertreten, erstens nämlich potentielle Energie, dargestellt durch das aus den Wellenthälern in die Wellenberge hinaufgehobene Wasser. Diese Arbeitsgrösse wird mit steigender Höhe der Wellen zunehmen und stets positiv sein müssen. Nur bei glatter Oberfläche fällt sie fort.

Lebendige Kraft zweitens ist den beiden verglichenen Bewegungsformen gemeinsam, und zwar der Voraussetzung nach von gleicher Grösse in den von der Grenzfläche entfernteren Theilen der flüssigen Massen. Aus der Differenz beider heben sich die Antheile der entfernteren Flüssigkeitsschichten fort, die Unterschiede beruhen nur auf denen, die der Grenzfläche nahe liegen. Die wellige Oberfläche, welche wir uns im Raume wieder

festliegend denken, bietet nun den beiden an ihr hinströmenden Flüssigkeiten ein abwechselnd breiteres und engeres Bett. Wo das Bett breiter, werden sie langsamer fliessen, die obere über den Wellenthälern, die untere unter den Wellenbergen. Dadurch wird abwechselnd die lebendige Kraft der durch eine Erweiterung des Bettes fliessenden Theile geringer, der durch eine Verengerung fliessenden grösser als die lebendige Kraft in den entsprechenden Theilen der gleichmässigen Ströme mit ebener Grenzfläche. Es ist aber die räumliche Ausdehnung der Theile mit verminderter lebendiger Kraft, welche in die Erweiterungen fallen, grösser als die der Gebiete vermehrter Geschwindigkeit in den Verengerungen. Deshalb überwiegt in der Gesammtsumme der lebendigen Kraft die Verminderung.

Es genügt für eine Wellenform bewiesen zu haben, dass Wogen unter Wind möglich sind, die einen geringeren Energievorrath haben, als derselbe Wind über ebener Grenzfläche. Daraus geht hervor, dass der Zustand der geradlinigen Strömung mit ebener Grenzfläche zunächst, wenn man nur die niederen Potenzen der kleinen Grössen berücksichtigt, als ein Zustand indifferenten Gleichgewichts erscheint. Berücksichtigt man aber die Glieder höheren Grades, so ist derselbe gewissen Störungen gegenüber, welche stationären Wellen zwischen bestimmten Grenzen der Wellenlänge entsprechen, ein Zustand labilen Gleichgewichts, kürzeren Wellen gegenüber entspricht er dagegen stabilem Gleichgewicht.

Für die Entstehung der Wellen ist dies offenbar von grosser Wichtigkeit. Es folgt daraus, was wir in der Natur ja auch bestätigt sehen, dass auch der gleichmässigste Wind über eine ebene Wasserfläche nicht wird fahren können, ohne bei der kleinsten Störung Wellen gewisser Länge aufzutreiben, die bei gewisser Höhe regelmässige Form und Fortpflanzung werden gewinnen können. Steigt der Wind, so werden die Höhen aller dieser Wellen steigen, die kürzeren unter ihnen schäumend zerspritzen, neue längere von anfänglich geringer Höhe werden sich bilden können.

Die grössere Energie, welche in diesem Falle nöthig ist,

um die kurzen Wellen in die Höhe zu treiben, ist dadurch erreichbar, dass der frühere schwächere Wind schon einen Theil seiner Energie an die Wassermasse abgegeben hat, und der neue stärkere Wind diesen Theil schon vorfindet.

Brandend verspritzende Wogen in der Luftmasse werden Mischung der Schichten hervorbringen. Da die Hebungen der Wellenberge im Luftkreise viele hundert Meter betragen können, werden Niederschläge in ihnen oft eintreten können, die dann schnelleres und höheres Steigen bedingen. Wellen von kleiner und kleinster Wellenlänge würden theoretisch möglich sein. Nur ist zu berücksichtigen, dass ganz scharfe Grenzen zwischen verschieden bewegten Luftschichten doch wohl selten vorkommen werden, und daher sich überwiegend nur solche Wogen ausbilden werden, deren Wellenlänge sehr gross, verglichen mit der Dicke der Uebergangsschichten ist.

Der Umstand, dass derselbe Wind Wellen von verschiedener Länge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit erregen kann, wird bewirken, dass Interferenzen zwischen denselben zu Stande kommen und sich abwechselnd höhere und niedere Wellenberge folgen. Es ist das ein am Meeresstrande oft zu beobachtender Vorgang. Wo aber zwei Wellenberge verschiedener Wellenzüge sich einander einholen, werden sie leicht eine Höhe erreichen können, bei der sie überschäumen, und es werden sich dadurch analog der Erzeugung von Combinationstönen, längere Wellen bilden können, die, wenn sie durch die Windstärke begünstigt sind, auch anschwellen können. Es wäre dies einer der Vorgänge, durch welche Wellen von grosser Wellenlänge entstehen können.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 8. November 1889.** Nr. 14.
Ausgegeben am 25. Februar 1890.

Inhalt: J. Pernet. Ueber den Edison'schen Phonographen neuester Construction. 77—79. — Geschenke. 79—80.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **J. Pernet** sprach im Anschluss an eine gleichzeitig stattfindende Demonstration

Ueber den Edison'schen Phonographen neuester Construction.

Nachdem im Jahre 1856 Leon Scott das Problem Worte zu registriren gelöst, und Rudolph König den Phonautographen wesentlich verbessert hatte, wurde vielfach versucht einen Schritt weiter zu gehen und die Aufzeichnungen wieder in Worte zurück zu verwandeln.

Am 30. April 1877 deponirte M. Charles Cros in der Academie der Wissenschaften zu Paris die Beschreibung eines Instrumentes, welches gestatten sollte das gesprochene Wort mit Hülfe phonautographischer Aufnahmen wieder zu erzeugen. Letztere sollten in einer wellenförmigen Spirallinie bestehen, welche durch einen mit der schwingenden Membran verbundenen leichten Zeiger auf einer horizontal rotirenden und geradlinig fortschreitenden, leichtberussten Scheibe aufgezeichnet wurde. Diese Spirallinie wäre photographisch aufzunehmen und, vertieft oder erhaben, auf eine Metallscheibe zu übertragen. Würde dann der Metallscheibe genau dieselbe Bewegung ertheilt, welche seinerzeit bei der Aufnahme stattgefunden hat, und durch einen passend geformten, in die wellenförmige Spirale eingreifenden und an einer Membran befestigten Hebel letztere in entsprechende Schwingungen versetzt, so müsse auch das gesprochene Wort

wieder auftreten[1]). Um dem Uebelstande abzuhelfen, dass bei diesen Spiralen gleichen Längen ungleiche Zeiten entsprechen würden, sei es zweckmässiger, die Aufzeichnungen in Schraubenlinien auf einem Cylinder erfolgen zu lassen, ein Problem, mit dessen praktischer Lösung er beschäftigt sei. [C. R. LXXXV. p. 1082].

Unabhängig hiervon hat Edison den letzteren Weg eingeschlagen und im Jahre 1877 in bekannter einfacher Weise die Aufgabe praktisch gelöst. Bei diesem Phonographen wurden die Schwingungen einer Membran mittelst eines damit verbundenen Stiftes in eine Zinnfolie eingegraben. Zu diesem Zwecke wurde der Streifen auf einen mit einer spiraligen Nut versehenen Cylinder gespannt und mittelst Schraube und Kurbel unter dem Stifte der Membran hinweggeführt. Diese Membran reproducirte die gesprochenen Worte, wenn der Cylinder aus der Anfangsstellung wieder in derselben Richtung wie bei der Aufnahme unter dem als Fühlhebel wirkenden Stifte bewegt wurde. Die rasche Abnutzung der Zinnfolie gestattete jedoch nur wenige deutliche Wiederholungen. Auch war der Apparat zur Aufnahme von Musikstücken noch ungeeignet, da die Bewegung mit der Hand erfolgte und daher nicht hinlänglich gleichförmig war.

Diesen beiden Uebelständen hat Edison bei seinem neuen Phonographen dadurch abgeholfen, dass er den Cylinder durch einen elektrischen mit einem modificirten Helmholtz'schen Regulator versehenen Motor (mit einer Geschwindigkeit von etwa 30 cm pro sec.) in Bewegung setzen und ferner, nach dem Vorgang von Charles Summer Tainter die Aufzeichnungen in eine Wachsschicht eingraben lässt. Statt einer Membran bediente er sich einer nur wenige zehntel Millimeter dicken Glasplatte, welche je nach Bedürfniss mehr oder weniger fest in einer metallenen Fassung zwischen zwei Kautschukringen eingespannt wird. Der scharfe Rand einer Kugelschale von 0.7 mm Durchmesser bildet die Schneide des Messers, welches die Rillen in den

[1]) Auf diesem Princip beruht das neuerdings von Herrn Berliner vorgeführte Grammophon, bei welchem eine Zinkplatte mit Aetzgrund bedeckt, und die durch den Schreibstift gezogene Linie eingeätzt wird.

Wachscylinder eingräbt und mit dem Centrum der kreisrunden Glasplatte des Empfängers verbunden ist. Als Reproductor dient ein ähnlicher Apparat, bei dem das Messer durch eine entsprechende polirte Kugel ersetzt ist, deren Bewegungen, durch einen Hebel vergrössert, auf das Centrum der Glasplatte übertragen werden. Die Beweglichkeiten des Hebels und des Glasplättchens können etwas verändert und dadurch die Schwingungen des letzteren den aufzunehmenden Klangfarben etwas angepasst werden. Nachdem die hierzu nothwendige Uebung erlangt war, gelang es in der Reichsanstalt, von Hrn. Prof. Joachim gespielte Violinsolis zu dessen voller Zufriedenheit aufzunehmen. Verhältnissmässig leicht zu erzielen waren die Aufnahmen von Gesang, Clarinette, Trompete und Militärmusik.

Auf Wunsch des Herrn von Helmholtz wurden mit den ihm von Hrn. Edison als Geschenk übersandten Phonographen Versuche gemacht, Musikstücke und gesprochene Worte von einem Apparate auf den andern zu übertragen. Diese Experimente gelangen den HHrn. W. Jäger und E. Gumlich zur vollen Zufriedenheit, indem die übertragenen Worte noch sehr gut verstanden werden konnten, und die Tonstärke einer Trompete nur etwa auf diejenige einer Klarinette verringert wurde[1]).

Geschenke.

F. Seeland. Neue Gletscherschliffe auf dem Thomasberge bei St. Margarethen im Rosenthal. S.-A. Mitth. des Oesterreichischen Touristen-Club. I. 8.

O. Frölich. Ueber eine neue Methode zur Darstellung von Schwingungscurven. S.-A. Elektr. ZS. X, Juli, August 1889.

R. Assmann. Das Wetter. Jahrg. 5. 1888.

Diesterweg. Populäre Himmelskunde. 3. Lfrg.

Gumersuido Vicuña. Introduccion à la teoria matematica de la electridad. Madrid 1883.

— — Las unidades electricas. Madrid 1889.

[1]) Neueren Nachrichten zufolge hat Edison die neuen Phonographen inzwischen noch weiter vervollkommnet, so dass dieselben wohl bald eine ausgedehntere praktische Verwendung finden dürften.

F. Richarz. Ueber das elektromotorische Verhalten des Platins in Ueberschwefelsäure und über die galvanische Polarisation bei der Bildung derselben. S.-A. ZS. f. physikal. Chemie IV, 1, 1889.

G. v. d. Mensbrughe. Sur les propriétés physiques de la couche superficielle libre d'un liquide. Bruxelles 1889.

W. Giese. Grundzüge einer einheitlichen Theorie der Elektricitätsleitung. S.-A. Wied. Ann. 1889.

C. Dieterici. Calorimetrische Untersuchungen I. Die Verdampfungswärme des Wassers bei 0°. II. Das specifische Volumen des bei 0° gesättigten Wasserdampfes. S.-A. Wied. Ann. 1889.

Archiv der deutschen Seewarte. IX. Jahrgang. 1888. Hamburg.

Stoletow. Sur les phénomènes actino-électriques. S.-A. C. R. 1889.

C. Fischer. Das Melde'sche Capillarbarometer. Inaug.-Diss. Marburg 1889.

O. E. Meyer. Ueber Gebirgsmagnetismus. S.-A. Bayerische Akad. München 1889.

Hagenbach-Bischhoff. Die Temperatur des Eises im Innern der Gletscher. S.-A. Verh. d. naturf. Gesellsch. zu Basel 1888.

— — Weiteres über Gletschereis. S.-A. Ibid. 1889.

— — Das Erdbeben des 30. Mai 1889. S.-A. Ibid. 1889.

— — Johannes Bernouilli und der Begriff der Energie. S.-A. Ibid. 1889.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 22. November 1889.** Nr. 15.
Ausgegeben am 25. Februar 1890.

Inhalt: C. F. Lehmann. Ueber das babylonische metrische System und dessen Verbreitung. 81—101. — Geschenke. 102.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **C. F. Lehmann** (als Gast anwesend) sprach:

Ueber das babylonische metrische System und dessen Verbreitung.

Dass die antiken Maasse und Gewichte aus dem babylonischen System als ihrer gemeinsamen Quelle hergeleitet sind, hat BÖCKH, der Begründer der vergleichenden Metrologie erkannt, dessen Forschungsergebnisse, soweit sie für die Geschichte der Physik von Wichtigkeit sind, KARSTEN[1]) folgendermaassen darstellt:

„Aus dem alten chaldäischen Reiche Babylon gingen die Maasssysteme der alten Völker hervor, nicht aus Aegypten. Bei den Babyloniern und Aegyptern wurden Maasse und Gewichte, obgleich aus dem täglichen Verkehr zuerst hervorgegangen, später von der sternkundigen Priesterschaft geregelt. Dieser war eine möglichst genaue Bestimmung der Maasse und Gewichte für ihre astronomischen Beobachtungen nothwendig, und da die Babylonier frühzeitig ziemlich gute Beobachtungen[2]) angestellt haben, so muss bei ihnen Maass und Gewicht früh geregelt gewesen sein; auch setzen die uralten gewaltigen Bauwerke der

[1]) Einleitung in die Physik“ Bd. I. der allgemeinen Encyklopädie der Physik. Cap. III S. 420 f.

[2]) S. darüber neuerdings: J. EPPING S. J. unter Mitwirkung von J. N. STRASSMAIER S. J. „Astronomisches aus Babylon“. Stimmen aus Maria Laach. Ergänzungsheft, No. 44.

Aegypter und Babylonier genaue Maasse in unbestimmbar früher Zeit voraus.

„Zu den astronomischen Beobachtungen war eine einigermaassen genaue Zeitmessung erforderlich, und diese wurde nach uralter Methode durch den Abfluss des Wassers aus einem Gefäss ausgeführt. Die Babylonier theilten den Tag in 12 Stunden und in ebensoviele die Nacht und bedienten sich zur Abmessung dieser Theile des Wassers. Ebenso ist ihnen die Theilung der 12 Zodiakalzeichen und deren Abmessung zuzuschreiben. Zu diesen Abmessungen werden die Chaldäer, wie die Aegypter nach Macrobius, eherne Gefässe gebraucht haben. Um 12 Theile namentlich des Zodiakus abzumessen, wurde das Hauptmaass in 12 Theile getheilt und Gefässe angefertigt, welche diese Zwölftheile darstellten. Die Wassermengen wurden aber nicht allein durch Abmessen, sondern auch durch Wägen verglichen, was von Ideler in Bezug auf die Chaldäer insbesondere bemerkt ist", (s. u. S. 85) „und folglich werden auch die Wassergewichte möglichst sorgfältig bestimmt sein, so dass das Wechselverhältniss der Maasse und Gewichte in den Ursprüngen der Metrologie begründet ist."

„Hiernach wären also drei bedeutsame Punkte für das Maasssystem der Babylonier festgesetzt: 1) sie bedurften sehr sorgfältig bestimmter Volumina zu ihren Zeitbestimmungen; 2) sie theilten die Volumina wegen deren Beziehung zur Zeitmessung nach dem Duodecimalsystem; 3) sie kannten das Verhältniss bestimmter Volumina Wasser und deren Gewicht."

„Das älteste bekannte Gewicht, welches entweder in unveränderter Grösse bei den verschiedenen Völkern des Alterthums gebraucht wurde oder auf welches sich die gebrauchten Gewichte in einfachen Verhältnissen zurückführen lassen, ist das babylonische Talent". (Vgl. dagegen u. S. 87 f. sub 4.)

„Nach der von den Chaldäern erkannten Beziehung zwischen Maass und Gewicht ist es einleuchtend, dass dies Talent das Gewicht eines bestimmten Kubus Wasser gewesen ist, und zwar, wie die Untersuchungen gezeigt haben, desjenigen Kubus, dessen Seite alsdann als ein Fuss genommen wurde" (Vgl. u. S. 88 u. 99).

„Die Beziehungen der sämmtlichen im Alterthum gebräuchlichen Maasse zu den ursprünglichen babylonischen oder ägyptischen Maassen nachzuweisen, ist allerdings nicht möglich, ebensowenig die Gründe überall anzugeben, welche eine Veränderung der ursprünglichen Maasse auf einen anderen, zu diesem in einem bestimmten einfachen Verhältnisse stehenden Werth veranlasst haben“ (Vgl. u. S. 97 u. 99).

Dies das Bild, welches dieser Abschnitt der Geschichte der Physik im Jahre 1869 darbot. Dasselbe bedarf in wesentlichen Zügen theils weiterer Ausführung, theils völliger Umgestaltung.

1) Zunächst ist seit längerer Zeit bekannt[1]), dass man das babylonische System nicht eigentlich als Duodecimalsystem bezeichnen darf, sondern dass in Babylonien ein eigenthümliches System ausgebildet worden ist, welches man Sexagesimalsystem zu benennen pflegt.

Sodann ist es mir vergönnt gewesen:

2) die ursprüngliche („gemeine“) Norm des babylonischen Gewichtes aufzufinden und den Nachweis zu führen, dass derjenige Gewichtsbetrag, den man bisher als den ursprünglichen angesehen hat, eine bestimmte Form eines secundär entwickelten Ausnahmegewichts, des „königlichen“ Gewichtes, ist; damit in Zusammenhang war es

3) mir möglich im Anschluss an Borchardt's Vorarbeiten[2]) über Wesen, Betrag und Eintheilung des babylonischen Längenmaasses grössere Klarheit zu erhalten;

4) sodann gelang es mir darzuthun, wie aus diesem Längenmaass die Normen für Hohlmaass und Gewicht entwickelt worden sind; ferner habe ich

5) über die Principien, nach welchen die Längennorm als Grundlage des ganzen Systems festgesetzt worden ist, eine Hypothese aufgestellt, und schliesslich

6) die grosse und verwirrende Mannigfaltigkeit der antiken Maass- und Gewichtsgrössen und -Systeme als Abkömmlinge des

[1]) Schon Brandis: Das Münz- Maass- und Gewichtswesen in Vorderasien bis auf Alexander den Grossen. Berlin, 1866. S. 7 ff.

[2]) Sitzungsber. Berl. Ak. d. W. 2. Februar 1888.

einen babylonischen Grundsystems erweisen, die in dieser Entwicklung wirksamen gesetzmässigen Ursachen erkennen und den Nachweis führen können, dass eine ganze Anzahl dieser aus dem babylonischen System abgeleiteten Gewichts- und Maassgrössen in modernen Grössen von genau demselben Betrage fortleben.

Die folgende Darlegung dieser Untersuchungen ist im Wesentlichen ein Auszug aus meiner ausführlicheren Arbeit: „Ueber altbabylonisches Maass und Gewicht und deren Wanderung“ [1]), auf welche ich, durch den hier gebotenen Raum beschränkt, mehrfach werde verweisen müssen.

1. Das babylonische Sexagesimalsystem.

Das Sexagesimalsystem, das wahrscheinlich der alten nichtsemitischen Bevölkerung Babyloniens, den Sumeriern seine Ausbildung verdankt und das in eigenthümlicher Weise die Vorzüge des Duodecimal- und des Decimalsystems verbindet, hat folgende Gestalt (BMGW 246 f.):

Die Einheiten des Systems werden durch Potenzen von 60 dargestellt: jede höhere Einheit ist das Sechzigfache der nächst niederen, jede kleinere Einheit $^1/_{60}$ der nächst höheren Einheit. Zwischen zwei solchen Einheiten aber steht jedesmal eine vermittelnde Einheit, die das Sechstel der höheren und das Zehnfache der niederen Einheit darstellt, also zwischen 1 und 60 die 10. Ich habe vorgeschlagen diese Einheiten als Einheiten erster und zweiter Klasse zu unterscheiden. Das voll entwickelte numerische Sexagesimalsystem wird durch folgendes Schema veranschaulicht:

Einheiten erster Klasse	216000		3600		60		1		$^1/_{60}$		$^1/_{3600}$	
Einheiten zweiter Klasse		36000		600		10		$^1/_6$		$^1/_{360}$		$^1/_{216000}$

[1]) Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. Sitzung vom 16. März 1889. S. 245 bis 328. (Zu citiren als BMGW).

Das Vorhandensein dieses Systems und seine Verwendung zunächst für die Zeitmessung ist nothwendige Voraussetzung für die folgende Methode, durch welche die Babylonier nach antiker Ueberlieferung zu der Beobachtung gelangten, dass der Sonnendurchmesser in dem Halbkreise, den die Sonne zur Zeit der Aequinoctien scheinbar am Himmelsgewölbe beschreibt, ungefähr 360 mal enthalten ist[1]): „In dem Augenblick, wo sich die Sonnenscheibe am Tage der Nachtgleiche im Horizonte zeigte, öffnete man ein mit Wasser angefülltes und durch Zufluss aus einem Wasserbehälter stets gefüllt bleibendes Gefäss, das mit einem Loch im Boden versehen war. Zum Aufsaugen des auströpfelnden Wassers bediente man sich zweier Behältnisse, wovon das eine bis zum vollendeten Aufgang der Sonne und das andere ungleich geräumigere bis zu ihrer ersten Erscheinung am folgenden Tage untergeschoben blieb. Man maass oder wog nun sorgfältig das in beiden Behältnissen gesammelte Wasser und schloss: „wie sich die gesammte Quantität derselben" (d. h. die Summe beider Quanta ausgelaufenen Wassers) „zu dem in dem kleinen Behältniss vorhandenen verhält, so 360°, der Umfang der Himmelskugel zu dem gesuchten Durchmesser".

2. Das babylonische Längenmaass.

Ueber das System der babylonisch-assyrischen Längenmaasse giebt die keilinschriftliche Tafel von Senkereh Auskunft[2]). Als wichtigste Einheiten sind zu nennen: Die Elle zu 30 Fingern und deren 6faches, die Ruthe (kânu). In diesem System ist von der sexagesimalen Theilung nichts zu bemerken. Die Tafel von Senkereh giebt uns jedoch Kunde von einem anderen System, in welchem das Maass von 720 Ellen, also 120 Ruthen als Soss, d. h. als eine Einheit (erster Klasse) des Sexagesimalsystems bezeichnet wird. Nach der ganzen Anlage des Sexagesimalsystems (S. 84) genügt die Kenntniss einer solchen Einheit, um das ganze System der Einheiten erster und zweiter Klasse zu

[1]) S. Ideler: „über die Sternkunde der Chaldäer" Abhandl. d. Berl. Acad. d. W. Phil. hist. Cl. 1814—15, bes. S. 217.

[2]) Sir H. Rawlinson: The cuneiform inscriptions of Western Asia. IV, 40.

entwickeln. Es ergiebt sich darnach das folgende System der Längeneinheiten (BMGW S. 289):

Einheiten erster Klasse	60×12 Ellen (Soss der Doppelruthe)		1×12 Ellen (Doppelruthe)		$^{12}/_{60}$ Ellen (Handbreite [?])		$^{1}/_{300}$ Elle ($^{1}/_{10}$ Fingerbreite)
Einheiten zweiter Klasse		120 Ellen		2 Ellen (Doppelelle)		$^{1}/_{30}$ Elle (Fingerbreite)	

Wir werden also auf ein offenbar älteres (S. 88 s. 2b.) System geführt, in welchem die Elle, die Ruthe und das Sechzigfache der Ruthe keinen Platz haben, sondern nur das Doppelte der Elle, die Doppelruthe und als „Soss" das Sechzigfache der Doppelruthe.

Für die Beträge des altbabylonischen Längenmaasses ist das wichtigste Zeugniss erhalten in dem Maassstab welcher auf einer der vor wenigen Jahren in Telloh in Südbabylonien gefundenen Statuen des Priesterkönigs Gudea[1]) dargestellt ist: dieses Monument zeigt einen Stab, der in kleinere Einheiten, Fingerbreiten, abgetheilt ist, die (etwa 16,5 bis 16,6 mm gross sind) ferner findet sich ein Maass von sechs Fingerbreiten (Handbreite) als besondere Einheit verzeichnet, das wir als Einheit erster Klasse bereits aus der Angabe der Tafel von Senkereh entwickelt haben. Demnach ergeben sich die folgenden Beträge:

Fingerbreite	16.6 mm
Doppelelle	996 mm (Steigerung bis 997 mm in Betracht zu ziehen)
Elle	498 mm
Fuss (als $\frac{3}{4}$ der Elle)	332 mm.

3. Den sexagesimalen Aufbau des babylonischen Gewichtsystems

zeigt folgendes Schema:

[1]) E. de Sarzec: „Découvertes en Chaldée", p. 15.

Einheiten erster Klasse	60 Minen (Talent)		1 Mine		$^1/_{60}$ Mine (Schekel)
Einheiten zweiter Klasse		10 Minen ($^1/_6$ Talent)		$^1/_6$ Mine	

Die in Babylonien und Assyrien gemachten Funde haben ergeben, dass im Zweistromland zwei Systeme nebeneinander bestanden, deren gleichbenannte und im Verhältniss von 2 : 1 einander entsprechende Glieder man durch die Bezeichnung „schwer" und „leicht" zu unterscheiden pflegt, (vgl. die beiden durch die Tafel von Senkereh (S. 85) bezeugten Systeme der Längenmaasse). Der Gang der Entwicklung ist naturgemäss der, dass das leichtere Gewicht durch Theilung aus dem schwereren entsteht (S. 97). Man betrachtete bis vor Kurzem als Grundnorm des babylonischen Gewichts eine Form des königlichen Gewichts, die für die schwere und leichte Mine den Betrag von ca. 1010 resp. 505 g aufweist (BMGW 278 ff. o. S. 83). Drei von mir vor Kurzem als solche erkannte wohlerhaltene altbabylonische Steingewichte, die sich durch die, auf 2 derselben der Nominalbezeichnung in Keilschrift beigefügten und als Aichungsstempel dienenden Namen von priesterlichen Beamten als babylonische Normalgewichte zu erkennen geben, führen auf eine (leichte) Mine von 489.6 g bis 492 g; für den Durchschnitt ergeben sich 491.2 g (BMGW 256). Dies ist die von Brandis bereits vermuthete und annähernd auf 980 resp. 490 g bestimmte Grundform des babylonischen Gewichts (S. 83 s. 2). Unter Berücksichtigung des Durchschnitts und des Maximums dieser steinernen Normalgewichte ergeben sich für die

Schwere Mine 982.4 bis 985.8 g
Leichte Mine 491.2 bis 492.9 g.

4. Entwicklung der Gewichtsnorm aus der Längennorm.

Die schwere Mine wiegt 982.4—985.8 g. Die Kante eines Würfels, der destillirtes Wasser bei 4° Celsius im Gewicht der schweren Mine fassen soll, beträgt daher $\sqrt[3]{982.4}$ bis $\sqrt[3]{985.8}$ das ist 9.94 bis 9.95 cm. — Dieser Betrag

kommt aber bis auf 0.2 bis 0.1 mm der Länge der Handbreite von 99.6 mm (S. 86) nahe, auf welcher demnach die Normen für das Hohlmaass und das Gewicht aufgebaut sind. Die Beziehungen zwischen Fuss und Talent (o. S. 82 g. E.) finden sich dagegen erst in den abgeleiteten Systemen (u. S. 99). Im Orient und im classischen Alterthum wird man zu genauen Wägungen Regenwasser (auch Wein), aber vermuthlich gemäss der höheren Durchschnittstemperatur bei etwas mehr als 4° Celsius, verwendet haben. In diesem Falle fiel das Hohlmaass, das eine Wassermasse von bestimmtem Gewicht fassen sollte, im Vergleich zu unsrer heutigen Wägungsmethode etwas grösser aus und die nach der letzteren aus dem Gewicht berechneten Längen sind als Minimaldaten anzusehen, so dass noch eine Verringerung der Differenz zwischen dem aus der schweren Mine berechneten 99.4 bis 99.5 mm und dem durch den Maassstab des Gudea gebotenen Betrage der Handbreite in Betracht gezogen werden kann. Mit dem Nachweis der Beziehungen zwischen der Handbreite und der schweren Mine ist zugleich dargethan:

1) dass die Babylonier bereits ein System hatten, das unserem metrischen System der Eintheilung nach nahezu analog war.

2) Gleichzeitig ist damit bestätigt:

a) dass die schwere Mine gegenüber der leichten als das ursprüngliche Gewicht anzusehen ist (S. 87; vgl. S. 97).

b) dass auch die doppelte Elle innerhalb des Sexagesimalsystems als das ursprüngliche Maass zu gelten hat (S. 86).

5. Zur Frage nach der Entstehung der babylonischen Längennorm.

Legt man sich nun die Frage vor, in welcher Weise die Babylonier zur Bestimmung der dem ganzen System zu Grunde liegenden Längennorm gekommen sind, so erscheint es in hohem Grade bemerkenswert, dass die Länge der babylonischen Doppelelle wie wir sie nach den vorhandenen Mitteln mit möglichster Sicherheit auf (994.5 bis) 996 (997) bestimmt haben, der

Länge des Secundenpendels für jene Breiten bis auf einen geringen Betrag gleichkommt.

Die Trümmerstätten der ältesten südbabylonischen Städte, welche als die Heimath der babylonischen Cultur anzusehen sind, liegen ungefähr auf dem 31. Grad nördlicher Breite. Die Länge des Secundenpendels für den 31. Grad beträgt 992.35[1]). Die Differenz zwischen der Länge des Secundenpendels und der Länge der babylonischen Doppelelle beträgt also im Maximum 3.65 (4.65) mm. Dieses eigenthümliche Zusammentreffen, das ja auf Zufall beruhen kann, lässt immerhin die Frage berechtigt und angezeigt erscheinen, ob es möglich ist, dass die Babylonier ihr Längenmaass nach der Länge des Secundenpendels normirt haben.

Directe Zeugnisse fehlen vollständig. Dass die Babylonier Zeit und Raum bei ihren Messungen in Beziehung setzten, ist dagegen sicher überliefert[2]) (o. S. 85).

Das Vorhandensein des nöthigsten Erfordernisses, der Fähigkeit zum Mindesten die Minute zu messen, während welcher das Pendel von zu bestimmender Länge 60 Schwingungen machen muss, ist oben (S. 85) bereits nachgewiesen. Denn die Zweitheilung des bei der Messung des Sonnendurchmessers gewonnenen Zeitmaasses von zwei Minuten konnte keine Schwierigkeiten machen, und die Auffassung der Secunde als $\frac{1}{60}$ der Minute deutet darauf hin.

Dagegen ist es natürlich ausgeschlossen, dass die Babylonier die Länge des mathematischen Secundenpendels mittlerer Zeit genau berechnet haben sollten. Aber das dem mathematischen Pendel dem Werthe nach am nächsten kommende physische Pendel, die schwere Kugel am Ende eines feinen Fadens, ist zugleich die Form des Pendels, welche sich im Leben am Leichtesten darbietet. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Babylonier bei Ausführung ihrer grossen und complicirten Bauten sowohl, wie bei ihren verhältnissmässig sehr genauen astrono-

[1]) Ich verdanke diese Angabe der Güte des Herrn Pernet.

[2]) Vgl. Brandis S. 6 u. S. 37.

mischen Beobachtungen (S. 82) sich des Senkels[1]) bedient haben und zwar bei Bauten von irgend erheblicher Höhe mit einer relativ grossen Länge des Fadens.

Ein solches Senkel stellt ein physisches Pendel von relativ grosser Länge dar, bei welchem die Erscheinung des Isochronismus verhältnissmässig am correctesten zur Darstellung gebracht wird, weil Schwingungen von ziemlich erheblicher Weite im Verhältniss zur Länge hier noch als Schwingungen von kleinem Ausschlagwinkel zu gelten haben. Die Langsamkeit der Schwingungen aber, welche eine Folge der durch die Länge des Pendels bedingten grossen Schwingungsdauer ist, konnte einen nachdenklichen und mit einigem Gefühl für den Rythmus ausgestatteten Beobachter leicht zur Wahrnehmung und Feststellung dieser Regelmässigkeit der Bewegung führen. Dass die Schwingungsdauer eines solchen Pendels mit der Länge desselben wechselt, ist eine sehr nahe liegende Beobachtung. Waren diese beiden Wahrnehmungen einmal gemacht, so lag der Versuch die Länge desjenigen Pendels zu bestimmen, das während der durch den äquinoctialen Sonnenaufgang ausgefüllten Doppelminute 120 mal oder während dessen Hälfte, der Minute, 60 mal schwingt, nicht ausserhalb des Bereiches des altbabylonischen priesterlichen Gedankenkreises. Denn man konnte mittels desselben nicht nur Bruchtheile der Minute, deren man bei astronomischen Beobachtungen gewiss bedurfte, beobachten, sondern man hätte gleichzeitig dadurch ein einfacheres Mittel erhalten, die nur zur Zeit der Aequinoctien feststellbare und sonst nur durch die verhältnissmässig umständliche Methode der Wasserwägung für die Dauer zu berechnende Zeiteinheit der (Doppel-) Minute wieder zu finden und festzuhalten. Die Abweichung der babylonischen Doppelelle von dem wirklichen Werth des Secundenpendels für jene Breite würde sich zur Genüge aus der unvollkommenen Bemessung der Minute nach der Dauer des Sonnenaufgangs zur Aequinoctialzeit und aus der Berechnung eines physischen statt des mathematischen Pendels erklären.

[1]) Hierauf hat mich Herr W. von Bezold aufmerksam gemacht.

Im Anschluss hieran sei es gestattet, die Bedenken und Einwände, welche gegen diese mit grossen Nachdruck als Hypothese zu bezeichnende Annahme erhoben werden können und zumeist bereits erhoben worden sind, in Kürze anzuführen und zu würdigen.

1) Dass die Doppelelle nicht eine Einheit erster, sondern eine solche zweiten Grades innerhalb des babylonischen Systems (S. 86) darstellt, ist ein Bedenken von nicht allzu grossem Gewicht, da bei dem dargelegten Verhältniss (o. S. 84) zwischen den sexagesimalen Grössen erster- und zweiter Klasse kein eigentlicher Rangunterschied besteht und es nicht undenkbar ist, dass eine ursprüngliche Einheit, eine Einheit, von der die Normirung der sämmtlichen Maasse ausgegangen ist, aus Gesichtspunkten, die in der Gruppirung des Gesammtsystems begründet sind und die sich erst bei weiteren und vertieften Studien herausstellen mögen, gegen andere Einheiten zurückgetreten und in die Reihe der Einheiten zweiter Klasse gestellt wäre (BMGW S. 324).

Dass die Babylonier die Doppelminute und die Minute kannten, ist oben gezeigt. Damit ist nach der ganzen Anlage des babylonischen Sexagesimalsystems die theoretische und nach Möglichkeit praktische Verwendung des Sechzigfachen und des Sechzigstels dieser Einheit, der Stunde (und Doppelstunde) der Secunde (und Doppelsecunde) naturgemäss gegeben[1]). Daran wird auch durch die Thatsache nichts geändert, dass erweislich in Babylonien noch eine andere Rechnungsweise in vielfachem Gebrauch war, nach welcher der Tag von 24 Stunden (das „Nychthemeron") als Einheit (erster Klasse) sechzigfach getheilt wurde in Tagesminuten, die ihrerseits wieder in Tagessecunden und Tagesterzen zerfielen[2]). Und durchaus irrig ist es, wenn hieran anknüpfend Herr Bilfinger in seiner chronologischen Untersuchung: „Die babylonische Doppelstunde"[3]) die „weit verbreitete Meinung", dass die Babylonier ihre Stunde in

[1]) Brandis S. 20.

[2]) Brandis S. 18.

[3]) Programm des Eberhard-Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. 1888.

60 Minuten, ihre Minute in 60 Secunden eingetheilt hätten, für „entschieden falsch“ erklärt. Dass von Hrn. Bilfinger angeführte Argument, dass sich diese Eintheilung erst bei den Arabern des Mittelalters nachweisen lasse, entbehrt der Beweiskraft.

Die Wissenschaft der Araber ist zu so grossem Theil aus dem Alterthum überkommen, dass bei dem Meisten, was sie uns bietet, zunächst nicht an eine Neuschöpfung, sondern an Bewahrung und Neubelebung uralter Kenntniss zu denken ist. Auch hat sich, wie ich einer gütigen Mittheilung Herrn Th. Nöldeke's entnehme, in Babylonien, in dessen Gebiet ja gerade die Hauptsitze der arabischen Cultur in der ersten Blüthezeit des Islâm lagen, nach arabischem Zeugniss die sexagesimale Eintheilungsweise in Maass und Gewicht bis ins neunte und zehnte Jahrhundert unserer Zeitrechnung erhalten, und zwar im praktischen Gebrauch, unabhängig von jeder künstlichen Neubelebung. Das Sexagesimalsystem und die sexagesimale Eintheilungsweise auch der kleineren Zeiteinheiten sind daher sicher direct oder indirect als altbabylonisches Erbtheil anzusehen.

2) Natürlich erscheint es im ersten Augenblick überraschend, dass eine Beobachtung und Entdeckung, die in neuerer Zeit erst Galilei gemacht hat, bereits den Babyloniern bekannt gewesen sein soll. Aber ein Argument gegen die Möglichkeit solcher früherer Entdeckung kann aus dieser allgemeinen Betrachtung nicht hergeleitet werden. Man wird sich daran zu gewöhnen haben, dass bei den alten Babyloniern die Naturbeobachtung verhältnissmässig hoch entwickelt war. Zur Wahrnehmung der der Pendelbewegung eigenthümlichen Erscheinungen bedarf es, wie Galilei's Beispiel zeigt, keiner weiteren Voraussetzung als des Vermögens zur Auffassung der natürlichen Vorgänge und nüchterner durch Uebung geschärfter Beobachtung. (Im Allgemeinen vgl. a. Plinius Hist. nat. 18. 248.)

3) Nicht viel schwerer wiegt der Einwand, dass, was den Griechen und Römern unbekannt sei, den Babyloniern nicht bekannt gewesen sein könne. Die griechische und römische Naturwissenschaft, so weit überhaupt von einer solchen gesprochen

werden kann[1]), stellt, soweit die exacte Beobachtung natürlicher Vorgänge in Betracht kommt, gegenüber der altorientalischen gewiss keinen Fortschritt dar. Von dem Wichtigsten, was auf dem Gebiete der Naturwissenschaften aus dem Alterthum erhalten ist, ist Vieles ein Erzeugniss des Hellenismus, der eine innige Verbindung und Verschmelzung der orientalischen und hellenischen Cultur darstellt. Alexandrinische Gelehrte, wie PTOLEMAEUS, berufen sich ausdrücklich für ihre astronomischen Angaben auf die Beobachtungen der Babylonier und Aegypter.

4) Wie eine solche Entdeckung, einmal gemacht, wieder spurlos und ohne dass die geringste Kunde erhalten wäre, habe verschwinden können, dafür könnte zweierlei zur Erklärung dienen. Einmal sind die naturwissenschaftlichen Kenntnisse bei den orientalischen Völkern immer nur der Besitz eines abgeschlossenen Standes gewesen, der Priester, die zudem ihre Beobachtungen mit dem Schleier des Geheimnisses zu umgeben liebten. Zweitens ist es nicht ausgeschlossen, dass eine physikalische Errungenschaft der Babylonier, selbst wenn sie den Griechen nicht ganz unbekannt war, von den klassischen Autoren nicht erwähnt wurde, da diese in ihren Werken nur das in Betracht zu ziehen pflegten, was directen praktischen Werth hatte[2]).

5) Es ist ferner unverständlich gefunden worden, warum, nachdem die Pendelbewegung einmal der Zeitmessung dienstbar gemacht war, überhaupt noch so unvollkommene Instrumente wie Wasseruhren etc. und nicht vielmehr überall Pendeluhren verwendet worden seien. Dagegen ist zu bemerken, dass von der Verwendung des einfach schwingenden Pendels zur Beobachtung eines Zeitraums von einer oder von zwei Minuten bis zu der Erfindung eines Mechanismus (wie des „Echappement" an unseren Uhren), der eine andauernde Bewegung des Pendels ermöglicht, doch noch ein sehr bedeutender, durchaus nicht selbstverständlicher Schritt[3]) ist.

---

[1]) Vgl. E. DU BOIS-REYMOND. „Culturgeschichte und Naturwissenschaft", „Reden". Erste Folge S. 247 ff.

[2]) Für diese Bemerkung bin ich Herrn DIELS zu Dank verpflichtet.

[3]) Dies wurde besonders von Herrn KÖPSEL betont.

6) Ferner ist noch die Ansicht geäussert worden, dass, da sich bekanntlich das Secundenpendel und das Meter nur um wenige Millimeter unterscheiden und da die babylonische Doppelelle zwischen beiden Maassen die Mitte halte, das babylonische Maass ebensogut dieselbe Entstehung wie das Meter haben könne. Diese Anschauung ist sicher zu verwerfen, denn während die Eigenthümlichkeiten der Pendelbewegung von einem einzelnen Forscher in stiller Beobachtung wahrgenommen werden können, kann die Ausmessung des Erdumfangs oder eines Grades nur als eine grosse öffentliche Unternehmung gedacht werden[1]). Selbst wenn man aber den Babyloniern die glückliche Durchführung eines solchen Unternehmens zutrauen wollte, so wäre die Wahl des 40-millionsten Theils des Erdmeridians vom Standpunkt des, wie wir sahen, überall durchgeführten Sexagesimalsystems völlig undenkbar.

7) Man hat mir schliesslich entgegengehalten (BMGW S. 322 f. Anm. 2), dass die Babylonier den in ihrem sexagesimalen System der Längenmaasse als Drittel der Doppelelle erscheinenden Fuss einfach nach der Länge des menschlichen Fusses bestimmt haben könnten und dass die so gefundene Länge sich ganz zufällig auf etwa 330 mm (den ungefähren Betrag des Huygens'schen pes horarius) belaufen hätte. Dagegen spricht, dass der Betrag von 330—332 mm die Länge selbst eines sehr grossen menschlichen Fusses beträchtlich überschreitet. Wenn daher hier ein zufälliges Zusammentreffen vorliegt, so muss dasselbe in anderer Weise zu Stande gekommen sein. —

Unsere Annahme wird daher als Hypothese zunächst bestehen können. Ob sich für dieselbe Bestätigungen finden werden, bleibt abzuwarten. —

6. Verbreitung des Systems.

Will man nun verfolgen, in welcher Weise sich das babylonische System in seinen Gliedern und Ableitungen über die gesammte antike Welt verbreitet hat, so wird man die Betrachtung zunächst an die Gewichte anknüpfen müssen.

[1]) Ich verdanke dieses Argument Herrn W. von Bezold.

Dazu ist nöthig ein Blick auf das babylonische Doppelwährungssystem zu werfen[1]). In der sogenannten babylonischen Doppelwährung stand Gold zu Silber in einem Würderungsverhältniss wie 40 : 3. Dieser babylonischen Doppelwährung liegt das babylonische Gewichtssystem in der folgenden, theilweise modificirten Form zu Grunde: das Sechzigstel der Gewichtsmine, der Schekel, galt als die kleine Goldeinheit; 1 Schekel Goldes wog $^1/_{60}$ der Gewichtsmine. Auf die Mine Goldes wurden jedoch nicht 60 solcher Einheiten gerechnet, sondern nur 50; so dass, während der Schekel Goldes dem Gewichtsschekel gleich war, die Mine Goldes nur $^5/_6$ der Gewichtsmine wog.

Nach dem angegebenen Würderungsverhältniss ist ein Schekel Goldes $13^1/_2$ Schekel Silbers werth; 1 Schekel Goldes wiegt $^1/_{60}$ der Gewichtsmine. das betreffende Aequivalent in Silber demnach $13^1/_2 \times {}^1/_{60} = {}^3/_9$ der Gewichtsmine.

Dieses dem Goldschekel an Werth entsprechende Stück theilte man, um ein umlaufsfähigeres, kleineres Stück zu erhalten,

entweder 1) in 10 Theile, dann erhielt man Zehntel im Gewichtsbetrage von $^3/_{90} = {}^1/_{45}$ der Gewichtsmine;

oder 2) in 15 Theile, dann erhielt man Fünfzehntel im Gewicht von $\frac{2}{9.15} = \frac{2}{135}$ der Gewichtsmine.

Die Theilung der Silbermine in 10 Theile ist die eigentliche babylonische; die Fünfzehntheilung wird, weil diesem Fusse die älteste phönikische Prägung folgte, als die phönikische bezeichnet.

Wie die Goldmine fünfzig und nicht sechzig Einheiten enthielt, so wurde auch die Silbermine in derselben Weise als Fünfzigfaches des Silberschekels gefasst; es gab sonach zwei Silberminen:

1) die Silbermine von 50 Einheiten zu $^1/_{45}$ der Gewichtsmine, die $^{10}/_9$ der Gewichtsmine wiegt: babylonische Silbermine;

2) die Silbermine von 50 Einheiten zu $^3/_{135}$ der Gewichtsmine, die $^{100}/_{135} = {}^{20}/_{27}$ der Gewichtsmine wiegt; phönikische Silbermine. Demnach würde sich das auf der von mir nach-

[1]) Brandis S. 53, 87 ff.; BMGW 249 f.

gewiesenen ursprünglichen Norm des babylonischen Gewichts (S. 87) aufgebaute System folgendermaassen ausnehmen:

Als Theilbetrag der Gewichtsmine	Bezeichnung der Gewichte	Schwer		Leicht	
		Nach dem Maximalbetrage der steinernen Normalgewichte g	Nach dem Durchschnittsbetrage der steinernen Normalgewichte g	Nach dem Maximalbetrage der steinernen Normalgewichte g	Nach dem Durchschnittsbetrage der steinernen Normalgewichte g
$^{60}/_{60}$	Gewichtsmine	985.8	982.4	492.9	491.2
$^{50}/_{60}$	Goldmine	821.5	818.6	410.8	409.3
$^{50}/_{45}$	Babylonische Silbermine	1095.3	1091.5	547.7	545.8
$^{100}/_{135}$	Phönikische Silbermine	730.2	727.6	365.1	363.8

Was die Entscheidung zwischen dem Durchschnittsbetrag und dem Maximalbetrag dieser Normalgewichte anlangt, so führen sowohl das römische wie das ägyptische Pfund dazu, dem ersteren den Vorzug zu geben: Der wahrscheinlichste Werth des römischen Pfundes (welches = $^1/_2$ der schweren Gewichtsmine s. Tabelle S. 98), setzt man nach den genauesten Wägungen der Goldmünzen (S. 97) auf 327.45 g; dies ergiebt für die schwere Mine 982.35, also so gut wie genau entsprechend dem aus dem Durchschnitt der Steingewichte gewonnenen Betrage von 982.4 g. —

Das ägyptische Pfund (zu 10 Loth) beträgt nach der mit allen anderen Zeugnissen übereinstimmenden Angabe eines wohlerhaltenen Steingewichts 90.959 g. Dasselbe ist, wie Herr Brugsch[1]) erkannt hat, genau $^1/_6$ der babylonischen leichten Silbermine, die sich darnach auf 545.754 g stellen würde, genau wie sich aus dem Durchschnitt der Steingewichte 545.8 g ergiebt. Das ägyptische Pfund ist offenbar eine Ableitung aus der

[1]) Zeitschrift für ägyptische Sprache 1889 Heft 1 S. 1 ff. Vgl. vorher bereits Nissen, Griechische und römische Metrologie klassischen Alterthumswissenschaft herausgeg. von Dr. Iwan Müller Bd. 1; § 14 S. 700.

babylonischen Silbermine[1]), die ihrerseits wieder secundär aus der Gewichtsmine gebildet ist. Wie man sieht, können sowohl die Goldmine als die verschiedenen Silberminen als organische Theile der Gewichtsmine aufgefasst werden, wenn man neben der Sechzigtheilung, noch die nach Fünfundvierzigsteln, (Halb-) und Drittel-Fünfundvierzigsteln zulässt. In dieser Entwicklung der asiatischen Gewichte für Edelmetalle aus der ursprünglichen Gewichtsmine als organischer Theilstücke der letzteren ist bereits der Weg vorgezeichnet, den die Entwicklung der antiken Gewichtsgrössen überhaupt genommen hat. Die sämmtlichen antiken Gewichtsnormen stellen in ihren normalen Beträgen mit kaum merklichen Abweichungen die vorstehend gekennzeichneten babylonisch-vorderasiatischen Gewichtseinheiten oder deren im Umlauf nachweisbare resp. dem System nach denkbare Theilstücke dar (vgl. dagegen die ältere Anschauung oben S. 83 a. A.).

Die umstehende Tabelle (S. 98) wird dies im Einzelnen veranschaulichen. Die Normen der in derselben angeführten antiken Gewichte bestimmen sich, da Normalgewichte fehlen, nach den erhaltenen Gebrauchsgewichtsstücken und als Controlle dient der Prägungsfuss der Gold- und Silbermünzen, die einen bestimmten Bruchtheil des an dem prägenden Orte gültigen Gewichts darstellen, und zwar in ihrem höchsten Effectivbetrag, da eine Ueberschreitung der Norm, die eine empfindliche Schädigung des das Münzrecht ausübenden Herrschers oder Gemeinwesens mit sich bringen würde, in der Regel nicht anzunehmen sein wird (BMGW S. 248). In das System der gemeinen Norm des babylonischen Gewichts fügen sich, wie die Tabelle zeigt, auch mehr-

[1]) Herr Brugsch a. a. O. und Zeitschrift für Ethnologie 1889 S. 1—9 und S. 34—43 gründet auf diese Uebereinstimmung der Gewichte die Ansicht, dass Aegypten die Heimath der antiken metrischen Systeme sei. Auf diese Controverse hier einzugehen würde zu weit führen. Vgl. mit Hrn. Brugsch's soeben citirten Schriften: BMGW S. 258—262; S. 325 und Verhandlungen der Berliner anthropologischen Gesellschaft, 19. October 1889. [Neuerdings hat Hr. Brugsch seine Anschauungen nicht unwesentlich modificirt, s. Sonntagsbeilage der Vossischen Zeitung vom 12. Januar 1890 und dazu Verh. Berl. Antrop. Ges. 18. Januar 1890].

Die gemeine Norm des babylonischen Gewichts und ihr System.

Das Gewicht, als Theil der schweren Gewichtsmine aufgefasst	als Theil der leichten Gewichtsmine	als Theil der schweren Silbermine	als Theil der leichten Silbermine	in ägyptischen Lothen ausgedrückt	Name der Gewichts - Einheit	Normalbetrag innerhalb des babylonischen Systems gemeiner Norm (vergl. S. 82 f.)	Effectiver Maximalbetrag, bezw. anderweitig bereits bestimmter Normalbetrag
$^{60}/_{60}$	$^{120}/_{60}$	$^{45}/_{50}$	$^{90}/_{50}$	108	Schwere Gewichtsmine	982.4—985.8	982.4—985.8
$^{50}/_{45}$	$^{100}/_{45}$	$^{50}/_{50}$	$^{100}/_{50}$	120	Schwere babylonische Silbermine	1091.5—1065.3	1091—1095
$^{50}/_{60}$	$^{100}/_{60}$	$^{45}/_{60}$	$^{90}/_{60}$	90	Schwere Goldmine	818.6—821.5	819
$^{75}/_{90}$	$^{150}/_{90}$	$^{100}/_{135}$	$^{200}/_{135}$	80	Phönikische (schwere) Goldmine	727.7—730.3	727.5
$^{65}/_{90}$	$^{65}/_{45}$	$^{65}/_{100}$	$^{65}/_{50}$	78	Milesische Mine	709.6—712.1	709—112
$^{30}/_{45}$	$^{60}/_{45}$	$^{30}/_{50}$	$^{60}/_{50}$	72	Aeginäisch-attische Handelsmine mit Zuschlag	655—657.3	655
$^{55}/_{90}$	$^{55}/_{45}$	$^{55}/_{100}$	$^{55}/_{50}$	66	Aeginäische Mine solonischer Tarifirung	600.4—602.5	600—603
$^{25}/_{45}$	$^{50}/_{45}$	$^{25}/_{50}$	$^{50}/_{50}$	60	Leichte babylonische Silbermine	545.8—547.7	545—547
$^{30}/_{60}$	$^{60}/_{60}$	$^{45}/_{100}$	$^{45}/_{50}$	54	Leichte Gewichtsmine Französisches Pfund Holländisches Pfund Troy	491.2—492.9	491.2—492.9 491.2 489.5 492.2
$^{20}/_{45}$	$^{40}/_{45}$	$^{20}/_{50}$	$^{40}/_{50}$	48	Euböisch-attische Mine	436.6—438.1	437
$^{25}/_{60}$	$^{50}/_{60}$	$^{45}/_{30}$	$^{45}/_{60}$	45	Leichte Goldmine Russisches Pfund	409.3—410.8	409 409.52
$^{20}/_{60}(^{15}/_{45})$	$^{40}/_{60}(^{30}/_{45})$	$^{15}/_{50}$	$^{30}/_{50}$	36	Römisches Pfund	327.46—328.6	327.45
$^{25}/_{90}$	$^{25}/_{45}$	$^{25}/_{100}$	$^{25}/_{50}$	30	Italisches Pfund	272.9—273.9	273

fach moderne Gewichtsgrössen ein. Dass eine grosse Anzahl der letzteren sich in ihrem Betrage direct an die im Alterthum bestehenden Normen anschliessen und dass auf diesem Gebiet die Continuität der Entwicklung erst durch die französische Revolution unterbrochen worden ist, hat man schon lange vermuthet (BMGW 262; 268f.). Verfolgt man die Geschichte eines solchen mit einer antiken Gewichtsnorm übereinstimmenden Gewichts zurück, so wird man regelmässig nicht weiter kommen, als an einen Punkt, wo ein seit unvordenklichen Zeiten in Gebrauch befindliches Gewicht in seinem alten Betrage gesetzlich möglichst sicher bestimmt und als Norm festgesetzt wird, wie in England und in Russland [1]).

Da nun die Gewichte in ihren Normen genau die Stellung innerhalb des babylonischen Systems gewahrt haben, also von vornherein bei der Ableitung dem Betrage nach bestimmt waren, so müssen, wenn Beziehungen zwischen Längenmass und Gewicht bestanden, die Normen für die Längenmaasse aus dem Gewicht berechnet sein; nicht umgekehrt (BMGW 296), wie man es vielfach heutzutage anzunehmen geneigt ist.

Die Beziehung, welche in den meisten abgeleiteten Systemen Geltung hat, ist die, dass jedesmal in einem System der Fuss als Basis des Talentes gilt (vgl. o. S. 82 g. E. u. S. 88 o.).

So gehört z. B.:

	Zum Talent der	im Betrage von 60 mal	ein Fuss von „mindestens“ (s. S. 84)
1)	äginäisch-solonischen Mine	600.4 g	$\sqrt[3]{600.4 \times 60} = 33.03$ cm
2)	euböisch-attischen Mine	436.6 g	$\sqrt[3]{436.6 \times 60} = 29.70$ cm

Für den (euböisch-)attisch-römischen Fuss, der als typisch betrachtet werden kann, weil er das verbreitetste und best bezeugte Längenmaass des Alterthums ist, schwanken die erhaltenen Maassstäbe zwischen 294 und 297 mm: die Bauwerke (Ziegel, Mauerstärke etc.) führen auf Beträge von 294 mm bis

[1]) Karsten, S. 463 u. 467f.

über 298 mm. Als Norm nahm man nach der bisher in der gesammten Metrologie angenommenen Methode der Durchschnittsberechnung 295.7 mm an.

Ich halte diese Methode der Normberechnung für unrichtig, glaube vielmehr, dass die Norm des römischen Fusses nicht unter 297 mm, den Maximalbetrag der vorhandenen Maassstäbe, gesetzt werden darf (BMGW 298).

Denn:

1) Aus dem Gewicht und Hohlmaass berechnet sich der Fuss auf „mindestens“ 297 mm (S. 99, vgl. a. S. 89).

2) Der Betrag von 297 mm[1]) ist $^9/_{10}$ von 330 mm, d. h. des runden (Minimal-)Betrags des babylonischen Fusses. Diese Vergleichung der runden Beträge führt aber thatsächlich auf das richtige Verhältniss, wie es sich aus einer, dem Vergleich des römischen und des persischen (mit dem babylonischen identischen BMGW 273; 300f.) Längenmaasses gewidmeten Angabe der antiken Metrologen ergiebt; d. h. also der attisch-römische Fuss enthält 18, die zugehörige Elle 27 babylonische Fingerbreiten. Da der babylonisch-persische Fuss ursprünglich = 331 bis 332 mm ist, so ergäbe sich für den römischen Fuss 298.03 bis 298.8 mm. Und wenn man auch vielleicht im Laufe der Jahrtausende mit einem geringen Sinken der Norm des babylonisch-persischen Fusses zu rechnen hat, so führt auch diese Angabe auf einen Normalbetrag über 297 mm.

3) Noch heutzutage misst der piede romano 297.58 mm[2]), Auch der schwedische Fuss von 296.89 mm führt nahe an 297 mm, während der altaugsburger Fuss den etwas gesunkenen Betrag von 296.17 mm wiedergiebt.

Dieselben Verhältnisse wiederholen sich bei den übrigen

[1]) Ueberhaupt kommen die aus den Gewichten berechneten Fusslängen und die zugehörigen Ellen den vollen Vielfachen des babylonischen Fingerdrittels und der Fingerbreite so nahe, dass es für den Ordner eines antiken Systems möglich war, an Stelle der aus dem Talent berechneten Länge die entsprechende organische sexagesimale Theilgrösse des babylonischen Systems als Längeneinheit zu wählen, ohne dass eine merkliche Schädigung in dem Aufbau des Systems eintrat (Näheres s. BMGW s. 292—298).

[2]) Karsten a. a. O. S. 471.

Längenmaassen des Alterthums, so dass als Regel festzuhalten ist, dass wie die Gewichtsnorm, so die Längennormen nicht nach dem Durchschnitt allein, sondern unter Berücksichtigung der Maximalbeträge der vorhandenen Messungen anzusetzen sind. Am Sichersten wird man gehen, wenn man Durchschnitt und Maximum jedesmal als Grenzwerthe nennt.

Dieses auf den ersten Blick vielleicht überraschende Ergebniss erscheint doch unter dem allgemeinen Gesichtspunkt der Interesse des praktischen Lebens, ebenso wie bei den Gewichten (S. 97), als erklärlich und natürlich, da durch Verwendung von übernormalem Längenmaasse z. B. sowohl der Eigenthümer von Grund und Boden, der sein Besitzthum vermessen lässt, wie der Händler, der dem Käufer Stoffe zumisst etc. sich selbst schädigen würde (BMGW 287).

Auszuführen wie sich aus dem babylonischen Gewicht gemeiner Norm das königliche Gewicht (S. 83 s. 2) in seinen verschiedenen Formen entwickelt hat, verbietet der Raum (siehe BMGW 272). Es genüge zu bemerken, dass sich wichtige antike und moderne Maassgrössen, namentlich das englische Avoir du poids-Pfund (BMGW 277) und das englische Pfund Troy (BMGW 281) mit derselben Genauigkeit in je eine Form der königlichen Norm einfügen, wie z. B. das holländische Pfund Troy in das System der gemeinen Norm gehört (o. S. 98). —

Bei meinen metrologischen Studien, die zum Theil auf. mir von Haus aus fernliegenden Gebieten zu führen waren, hatte ich mich der Unterstützung meines nun zu früh verstorbenen Freundes Hrn. Robert von Helmholtz zu erfreuen. Des liebevollen Interesses und der thätigen Anregung und Förderung, die er diesen Untersuchungen fortdauernd bewies, gedenke ich zum Schlusse in herzlicher Dankbarkeit.

Geschenke.

E. VAN AUBEL. Researches on the electrical resistance of bismuth. S.-A. Phil. Mag., Oct. 1889.

G. VAN DER MENSBRUGGHE. Sur un genre particulier l'expériences capillaires. S.-A. Bull. de l'acad. roy. Bruxelles 1889.

TH. GROSS. Beiträge zur Theorie des galvanischen Stromes. S.-A. Sitzber. der Wiener Akad. 1889.

R. CLAUSIUS. Mechanische Wärmetheorie. 2. Aufl. Bd. 3. (Herausgegeben von M. PLANCK und C. PULFERICH.) Lfg. 1. Braunschweig 1889.

C. F. LEHMANN. Das altbabylonische Maass und Gewicht und deren Wanderung. S.-A. Verh. d. Berl. anthropol. Gesellsch. 1889.

H. VON HELMHOLTZ. Ueber atmosphärische Bewegungen. (2. Mittheil.) S.-A. Sitzber. der Berl. Akad. 1889.

F. E. NIPHER. The winding of dynamo-fields. S.-A. Journ. of the association of Engineering Societies 1889.

— — Report of the Missouri Rainfall with averages of ten years, ending 1887. Transact. of the St. Louis Acad. of Science V, No. 3.

J. G. MAC GREGOR. Table of the cubical expansions of solids. S.-A. Trans. Roy. Soc. Canada 1888.

— — On the elementary treatment of the propagation of longitudinal waves. S.-A. Trans. of the Nova Scotian Institute of Natural Sciences. 1886-1887.

— — On the measurement of temperature and time. S.-A. Ibid.

— — On CARNOT's Cycle in Thermodynamics. S.-A. Ibid.

J. H. GRAF. Der Mathematiker JOHANN SAMUEL KÖNIG und das Princip der kleinsten Action. Bern 1889.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 6. December 1889.** Nr. 16.
Ausgegeben am 25. Februar 1890.

Inhalt: M. Planck. Ueber Elektricitäts- und Wärmeerregung in verdünnten elektrolytischen Lösungen. 103. — A. Kundt. Die Original-Luftpumpe von Otto von Guericke. 103. — Geschenke. 103—104.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **M. Planck** sprach

Ueber Elektricitäts- und Wärmeerregung in verdünnten elektrolytischen Lösungen.

Der Inhalt des Vortrages wird demnächst ausführlich in Wied. Ann. veröffentlicht werden.

Hr. **A. Kundt** demonstrirte

Die Original-Luftpumpe von Otto von Guericke.

Diese Luftpumpe war bisher in der hiesigen Kgl. Bibliothek aufbewahrt und ist neuerdings dem Physikalischen Institut der Universität überwiesen worden. Nachdem einige wenige schadhafte Theile reparirt worden, lässt sich mit derselben eine Verdünnung bis zu 30 mm Quecksilberdruck herstellen.

Geschenke.

L. Grunmach. Das elektrische Contactthermometer. ZS. f. Instrk., Aug. 1889.

— — Ueber das galvanische Leitungsvermögen des starren Quecksilbers. S.-A. Wied. Ann. 1889.

A. Nippold. Vademecum für Elektrotechniker. Halle 1890.

R. Sauer. Ueber eine reciproke Beziehung zwischen den Widerständen der gekreuzten Elektricitätsbewegung in leitenden Flächen. S.-A. Elektrot. ZS. 1889.

Diesterweg's Populäre Himmelskunde, herausgegeben von W. Meyer und B. Schwalbe. Liefg. 5, 6, 8, 9, 10. Berlin 1889.

Funk. Ueber die Ursachen der starken Lichtreflexion der grossen Planeten und ein Versuch zur Deutung der Schiaparelli'schen Marsbeobachtungen (als Nachtrag zum aphoristischen Entwurf einer Kosmogonie) 1889.

P. de Heen. Détermination de la loi qui regit la dilatabilité des liquides en partant de la considération des mouvements moléculaires. S.-A. Acad. de Bruxelles 1889.

Nils Ekholm. Sur la chaleur latente de vaporisation de l'eau et la chaleur spécifique de l'eau liquide. Bihang till k. Svenska Vet. Acad. Handl. Stockholm 1889.

W. Giese. Experimentelle Beiträge zur Kenntniss vom elektrischen Leitungsvermögen der Flammengase. S.-A. Wied. Ann. 1889.

W. Spring. Sur la cause de la fétidité de certains calcaires. Extrait des Ann. de la soc. géol. de Belgiqus. Liège 1889.

J. Classen. Beobachtungen übet die specifische Wärme des flüssigen Schwefels. Hamburg 1889.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 8. **Sitzung vom 20. December 1889.** Nr. 17.
Ausgegeben am 25. Februar 1890.

Inhalt: R. Assmann. Demonstration eines Aspirations-Psychrometers. 105 bis 110.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **R. Assmann** demonstrirte

Ein Aspirations-Psychrometer.

Bei der Vergleichung der Angaben über die Temperatur der Luft, welche unter Anwendung verschiedener Methoden — im Schatten von Gebäuden, in freistehenden Thermometerhütten, mittels des Schleuderthermometers und anderer — gewonnen werden, hat sich stets das Fehlen eines Apparates fühlbar gemacht, welcher durch seine Construction eine Gewähr dafür bietet, dass man mittels desselben eine für alle praktischen Zwecke ausreichende Annäherung an die wahre Lufttemperatur erhalte. Aus den Abweichungen unter den Resultaten der bisher üblichen Methoden geht hervor, dass ein Apparat, welcher die zur Beschirmung gegen Wärmestrahlung und Benetzung nötigen Massen äusserst vermindert, die Erneuerung der die Beschirmung und das Thermometergefäss berührenden Luft möglichst befördert, diese Anforderungen wohl zu erfüllen im Stande sei.

Ohne Kenntniss von früheren, im Jahre 1853 von Welsh angestellten ähnlichen, nachher aber wieder gänzlich aufgegebenen Versuchen gelangte der Vortragende im Jahre 1887 zur Construction eines auf diesen Grundlagen aufgebauten Apparates, welcher der Kgl. Akademie der Wissenschaften durch Herrn von Bezold vorgelegt wurde.

Bei fortgesetzten Untersuchungen wurden indess noch einige Mängel desselben erkannt, welche Veranlassung zu Constructions-

änderungen gaben. Eine solche, vom Vortragenden wegen schwerer und langdauernder Erkrankung nicht genügend controlirte Neu-Construction erwies sich leider bei späterer sorgfältiger Prüfung als eine Verschlechterung, da bei derselben die Luftzuführung erschwert und die Ueberleitung von Wärme nach dem Thermometer befördert wurde. Leider gelangte wider den Willen des Vortragenden ein solcher Apparat in die Hände von WILD in Petersburg und gab diesem Veranlassung zu einer höchst abfälligen, trotz der Fehler des Apparates aber noch weit über das Ziel hinausschiessenden Kritik des ganzen Verfahrens.

Unter voller Wahrung des ursprünglichen Princips gelang es im weiteren Verfolg der Sache dem Vortragenden gemeinsam mit Herrn VON SIGSFELD, alle bisherigen Constructionsmängel so weit zu beseitigen, dass der vorgeführte Apparat als ein die obigen Voraussetzungen vollkommen erfüllender angesehen werden kann.

Derselbe besteht aus zwei feinen Thermometern mit sehr kleinen cylindrischen Gefässen, welche je in zwei einander umschliessenden cylindrischen Hüllen aus vernickeltem, aussen und innen hochpolirtem dünnem Messing von kleiner Masse stecken. Ein durch ein Uhrwerk getriebener Centrifugal-Aspirator (Exhaustor) saugt Luft aus der freien Atmosphäre durch die unten offenen cylindrischen Röhren an den Thermometergefässen vorbei mit einer solchen Geschwindigkeit, dass eine für die praktische Messung in Betracht kommende Erwärmung der Luft nicht an den durch den Einfluss der Sonnenstrahlung höher temperirten Theilen stattfinden kann. Durch die spiegelnden Oberflächen wird zumal die Reflexion der auftreffenden Wärmestrahlen befördert, die Emission verringert.

Ausser dem Centrifugal-Aspirator, auch neben diesem, kann eine nach dem Injector-Princip construirte Vorrichtung mit Erfolg zur Erzeugung einer kräftigen und continuirlichen Aspiration benutzt werden.

Der Vortragende brachte für die dem Apparate zugeschriebenen Leistungen folgende Beweise bei. Bei Gelegenheit eines zu diesem Zwecke auf Kosten der Kgl. Akademie der Wissen-

schaften genommenen vierwöchentlichen Aufenthaltes auf dem Säntisgipfel in 2500 m Höhe wurde festgestellt,

dass 1) zwei gleiche Apparate, deren einer mittels einer kleiner Pappscheibe fortgesetzt beschattet wurde, während der andere der intensiven Sonnenstrahlung ausgesetzt war, im Mittel vieler Hunderte von gleichzeitigen Ablesungen nur um wenige Hundertstelgrade von einander abwichen;

dass 2) dasselbe stattfand mit zwei der Sonnenstrahlung ausgesetzten Apparaten, deren einer einen mehr als doppelt so starken Aspirationsstrom bei den Thermometern vorüberführte als der andere;

dass 3) die Aspirationsmethode mittels des Injectorprincips dieselben Angaben lieferte, als die mittels des Exhaustors;

und dass 4) die Temperatur der äusseren Umhüllung der Thermometer selbst bei stärkster Strahlungsintensität weniger als 3° über der der Luft blieb. Dies wurde nach einem Vorschlage des Herrn von Bezold durch Anbringung von Fettsäuren von constantem Schmelzpunkt auf der äusseren Umhüllung ermittelt.

Hieran schloss der Vortragende folgende der Physikalischen Gesellschaft demonstrirte Experimente.

Durch erwärmtes Wasser wurde der Aussenhülle eines Apparates eine Temperatur von mehr als 50° ertheilt, während die Lufttemperatur etwa 20° betrug; letzteres wurde durch einen in unmittelbarer Nähe aufgestellten, nicht künstlich erwärmten zweiten Apparat festgestellt. In Folge der von der äusseren Hülle auf die innere Hülle und von dieser auf das Thermometergefäss wirkenden Wärmestrahlung, sowie der durch Luftleitung und Convection erfolgenden Erwärmung stieg das Thermometer schnell über 30°; bei eingeleiteter Aspiration aber sank dasselbe, wie durch fortlaufende Fernrohrablesungen seitens des Herrn Vorsitzenden festgestellt wurde, schnell auf den der Lufttemperatur entsprechenden, durch den benachbarten Apparat angezeigten Werth und verharrte auf diesem.

Der Vortragende zog hieraus den Schluss, dass, wenn eine Temperaturerhöhung der äusseren Umhüllung um etwa 30° einen Einfluss auf die Angaben des eingeschlossenen Thermometers

auszuüben nicht vermöge, auch eine solche von 3° dies nicht hervorrufen könne; letztere aber sei unter stärkster Sonnenstrahlung in 2500 m Höhe zur Zeit des höchsten Sonnenstandes nicht erreicht worden, müsse daher als äusserster Erwärmungswerth der äusseren Hülle unter den gewöhnlichen Strahlungsintensitäten angesehen werden.

Die Messung der durch die Aspiratoren bewegten Luftmengen wurde nach einem Vorschlage von Sigsfeld's mittels eines offenen Glascylinders von fünf Liter Inhalt, in dessen oberer Oeffnung der Thermometerapparat luftdicht eingesetzt war, in der Weise bewirkt, dass die untere Oeffnung durch eine Seifenhaut abgeschlossen wurde. Bei vollkommner Benetzung der inneren Glaswand folgt diese Seifenhaut der durch den Aspirator entleerten Luft mit geringem Widerstande, sodass eine Messung der hierzu nöthigen Zeit einen Maassstab für die Entfernung von fünf Litern Luft aus dem Cylinder abgiebt. Das Verfahren wurde an den vorhandenen Apparaten demonstrirt. Berücksichtigt man den an den Thermometergefässen vorhandenen Querschnitt des Luftstromes, so ergiebt sich hieraus dessen Strömungsgeschwindigkeit an diesen Stellen. Auf diese Weise wurde ermittelt, dass

1) der Centrifugalaspirator, welcher auf dem Säntis verwendet wurde, bei einem Scheibendurchmesser von 10.2 cm und einer mittleren Umdrehungszahl von 16 Touren in der Secunde fünf Liter in 5.6 Secunden, bei einer Umdrehungszahl von 35 Touren p. sec. dasselbe Quantum in 2.3 Sekunden entleerte; die Strömungsgeschwindigkeit betrug im ersteren Falle 2.1 m, im letzteren aber 5.2 m p. sec.

2) Der auf dem Säntis ebenfalls benutzte einfache Aspirator mit einem Scheibendurchmesser von 13 cm und 12 Touren Umlauf ergab einen Luftstrom von 2.5 m p. sec. Geschwindigkeit.

3) Der als definitive Form angenommene Uhr-Aspirator mit einem Durchmesser der Exhaustorscheibe von 8.4 cm und einer Tourenzahl von 21 p. sec. einen Luftstrom von 2.4 m p. sec.

4) Die mittels des Injector-Aspirators allein erzeugte Strömungsgeschwindigkeit betrug 2.6 m p. sec., in Verbindung mit dem Uhraspirator 3.0 m p. sec.

Die Zeit, während welcher ein in die Oeffnung des Apparates eingetretenes Lufttheilchen mit den äusseren Umhüllungen in Berührung bleibt, ehe es an dem ganzen Thermometergefäss vorbeipassirt ist, beträgt hiernach bei dem definitiven Apparate nur $^1/_{60}$ Sekunde. Da die innere, dem Thermometergefäss allein direkt benachbarte Umhüllung aber nahezu die Temperatur der Luft selbst haben muss, so ist eine Erwärmung durch Leitung oder Convection in einem irgend wie beträchtlichen Maasse unmöglich, während der geringe Betrag der zugestrahlten Wärme durch die massenhafte Lufterneuerung in seiner Wirkung äusserst verringert wird.

Analoge Prüfungen der älteren Formen des Apparates ergeben, dass

1) die verwandten Aspiratoren, Saugbälge, äusserst verschieden grosse Luftmengen bewegten, je nachdem die Bälge und Ventile verschieden dicht waren, sowie dass bei einigen sogar Rückwärtsbewegungen der Luft bei der Compression des Balges erfolgten. Dies wurde in deutlichster Weise durch Zurücktreten der Seifenhaut im Prüfungsapparate sichtbar gemacht.

2) Dass die erzielten Strömungsgeschwindigkeiten in allen Fällen erheblich kleinere waren.

3) Dass ein älterer, mit einem Injector-Aspirator versehener Apparat wegen der vielen in ihm vorhandenen Luftschleusen nur einen Luftstrom von 0.5 m p. sec. ergab.

Hieraus erklären sich auch ungezwungen die zwar an sich ungenügenden, aber je nach den verschiedenen Saugbälgen mehr oder weniger guten Resultate, welche bei verschiedenen Prüfungen der älteren Apparate erzielt wurden.

Die Verwendung des zum Psychrometer combinirten Apparates erläuterte der Vortragende nur kurz, indem er an einem Stand-Psychrometer und einem Aspirations-Psychrometer zeigte, dass beide eine nicht unerhebliche Differenz der Angaben aufwiesen. Bei der verschiedenen Geschwindigkeit der Luftbewegung könne dieselbe Psychrometerformel nicht zur Verwendung kommen; doch erscheine die bei dem neuen Apparat vorhandene constante Geschwindigkeit besser geeignet zur Ermittelung des

Wasserdampfgehaltes der Luft auf diesem Wege, als die im Freien ausserordentlich wechselnde am gewöhnlichen Psychrometer.

Der Apparat erscheine geeignet, überall dort, wo die starke Sonnenstrahlung die Gewinnung zuverlässiger Messungen der Lufttemperatur bisher unmöglich gemacht hat, also in den Tropenländern, correcte klimatologische Werthe zu liefern, empfehle sich auch vermöge seiner Handlichkeit und Verwendbarkeit unter allen Umständen ganz besonders als Reiseapparat.

Zum Schluss erläuterte der Vortragende noch die für Ballonbeobachtungen nöthige Hinzufügung eines zweiten ebenso aspirirten feuchten Thermometers, um continuirliche Ablesungen erhalten zu können. Zugleich wies er darauf hin, dass es erst mittels des Aspirationsthermometers gelingen könne, fehlerfreie Werthe über die Temperatur der Luft bei Ballonfahrten zu gewinnen, da alle bisherigen Methoden in erheblichem Maasse von der Wärmestrahlnng abhängig seien, deshalb unter der wechselnden Wirkung von intensiver Sonnenstrahlung und Beschattung durch den Ballon und Wolken, sowie der sehr beträchtlichen reflectirten Strahlung von der Wolkenoberfläche völlig unvergleichbare Werthe haben ergeben müssen. Der vom Deutschen Verein zur Förderung der Luftschiffahrt z. Z. erbaute Fesselballon werde vornehmlich diesem Zwecke dienen, deshalb ein Aspirationsthermometer tragen, dessen Stand fortlaufend auf photographischem Wege registrirt wird.

Hr. **von Helmholtz** fragt den Vortragenden nach dem Betrage der bei der Aspiration eintretenden Druckverminderung, welche vielleicht mittels adiabatischer Ausdehnung zu einer künstlichen Erniedrigung der Thermometerangaben Veranlassung geben könnte.

Der Vortragende constatirt, dass die Druckverminderung eine so ausserordentlich kleine sei, dass deren thermische Wirkung kaum 0.01° erreichen könne.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1889 wurden die Herren

Dr. K. Feussner, Dr. A. Raps, Dr. Wedding, Dr. W. Meyer, Prof. Dr. M. Planck, Dr. K. Hensel, Dr. P. Spies, A. Blümel, Dr. P. Drude, Dr. E. Häntzschel, Dr. F. Pockels, Dr. H. Rubens, R. Seebold und Dr. E. Weinnoldt

in die Gesellschaft aufgenommen;

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod

Prof. Dr. Paul du Bois-Reymond, Dr. Robert von Helmholtz und Dr. Müller jun.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren

Dr. A. Voss, Dr. E. Rosochatius, Prof. Dr. H. Eichhorn und Prof. Dr. J. Roth.

Am Ende des Jahres 1889 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Dr. P. Andries*), SW., Oranienstrasse 123.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Bülowstrasse 107.
— Artope in Elberfeld.
— Dr. R. Assmann, NW., Ottostrasse 6a.
— Dr. E. van Aubel in Lüttich.
— Prof. Dr. F. August, W., Schillstrasse 12.
— Prof. Dr. A. Auwers, SW., Lindenstrasse 91.
— Prof. Dr. Avenarius in Kiew.
— Dr. Becker in Darmstadt.
— P. Benoit, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. Berberich, SW., Lindenstrasse 91.
— Dr. Berthold in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
Hr. Prof. Dr. R. Börnstein, W., Landgrafenstrasse 16.
— Dr. H. Böttger, N., Schlegelstr. 3.
— A. du Bois-Reymond, NW., Händelstrasse 15.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in Graz.
— Prof. Dr. F. Braun in Tübingen.
— Prof. Dr. A. Brill in Tübingen.
— Dr. W. Brix in Charlottenburg, Berliner Strasse 13/14.
— Dr. E. Brodhun in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78a.
— Prof. Dr. E. v. Brücke in Wien.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. H. Bruns in Leipzig.
— Dr. E. Budde, NW., Lessingstrasse 18.
— Prof. Dr. Buys-Ballot in Utrecht.

*) Berlin ist im Verzeichnisse weggelassen.

Hr. Dr. F. Caspary, NW., Invalidenstrasse 123.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg, W.O., 7. Linie 42 Qu. 5.
— Dr. Dehms in Constanz.
— Dr. C. Deite, SO., Elisabeth-Ufer 57.
— Dr. C. Dieterici, NW., Neue
— Wilhelmstrasse 16a.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Göttingen.
— Dr. A. Ebeling, W., Kurfürstenstrasse 74.
— Dr. Elsässer, N., Prenzlauerstr. 5.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, S., Brandenburgstrasse 72.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112 und Gross-Lichterfelde, Bahnhofstrasse 9.
— Dr. J. W. Ewald, W., Matthäikirchstrasse 28.
— Dr. K. Feussner, NW., Klopstockstrasse 36.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Prof. Dr. R. Franz, C., Alexanderstrasse 41.
— Dr. G. Freund, W., Thiergartenstrasse 10.
— Dr. O. Frölich, Westend bei Berlin, Kastanien-Allee 2.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess, SW., Alte Jacobstrasse 108/109.
— Prof. Dr. J. Gad, SW., Grossbeerenstrasse 67.
— Director W. Gallenkamp, C., Niederwallstrasse 12.
— Dr. H. Gerstmann, SW., Schöneberger Ufer 17.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstrasse 80.
— Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, W., Königgrätzerstrasse 92.
Hr. Dr. Th. Gross, W., Winterfeldstrasse 30a.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Dr. L. Grunmach, W., Schellingstrasse 5.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich, Charlottenburg, Marchstrasse.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstrasse 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Dennewitzstrasse 10.
— Prof. Dr. E. Hagen in Kiel.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischof in Basel.
— J. G. Halske, SW., Königgrätzerstrasse 113.
— Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Mährisch-Trübau.
— G. Hansemann, W., Maassenstrasse 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königsberg i. Pr., Königsstrasse 86.
— Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. H. v. Helmholtz, Charlottenburg, Marchstrasse.
— Dr. A. Hempel, SO., Schmidstrasse 2.
— Dr. M. Henoch, W., Victoriastrasse 29.
— Dr. K. Hensel, NW., Klopstockstrasse 39.
— Prof. Dr. H. Hertz in Bonn.
— Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstrasse 9.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Kleinbeerenstrasse 28.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger, Charlottenburg, Marchstrasse.
— Dr. F. Jagor, W., Lützow-Ufer 10.

Hr. Dr. S. Kalischer, W., Lutherstrasse 51.
— Prof. Dr. G. Karsten in Kiel.
— Prof. Dr. H. Kayser in Hannover.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. Kiessling in Hamburg.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. H. Knoblauch in Halle.
— Prof. Dr. A. König, NW., Dorotheenstrasse 35.
— Dr. W. König in Leipzig, Hospitalstrasse 14.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, SO., Franzstrasse 19.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 34.
— Dr. Kremers in Mainz.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Sigismundstrasse 3.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Prof. Dr. L. Kronecker, W., Bellevuestrasse 13.
— Prof. Dr. Fr. Kruse in Gross-Lichterfelde.
— Prof. Dr. A. Kundt, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Kleiststrasse 5.
— Dr. Lange, Hagelsbergerstr. 23.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Prof. Dr. Lieberkühn in Marburg.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Dorotheenstr. 34a und Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 44.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Berlinerstrasse 135.
Hr. Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. C. Ludwig in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Lommel in München, Hessstrasse 16.
— Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 4.
— Dr. R. Lüpke, N., Invalidenstrasse 114.
— Dr. O. Lummer, NW., Melanchtonstrasse 2.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, NW., Alt-Moabit 133.
— Dr. Michaelis in Potsdam.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 18/19.
— Dr. James Moser in Wien.
— Prof. Dr. F. Müller, NW., Birkenstrasse 3.
— Dr. R. Müller, S., Urbanstr. 2.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, NW., Brücken-Allee 35.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen in Dorpat.
— Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Dr. J. Pernet, Charlottenburg, Berlinerstrasse 22b.
— Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenicker Strasse 22a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Innsbruck.
— Dr. J. Picker in Gross-Lichterfelde, Zehlendorferstr. 41-44.
— Dr. E. Pirani, W., Steglitzerstrasse 47.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Eisenacherstrasse 5.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen.

Hr. Dr. F. Poske, SW., Hallische Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer, W., Nollendorfplatz 1.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Marienstrasse 28.
— Prof. Dr. N. Pringsheim, W., Königin Augusta-Strasse 49.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, NW., Neue Wilhelmstrasse 16a.
— Prof. Dr. Recknagel in Kaiserslautern.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Marchstrasse 5a. Villa 2.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. F. Richarz in Endenich bei Bonn.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3a.
— Prof. A. Roeber, W., Bülowstrasse 100.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Dr. H. Rubens, W., Bellevuestrasse 15.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg i. Pr.
— Dr. J. Scheiner in Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
— Schellhammer in Dresden.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Dr. Schenk, W., Kurfürstenstrasse 37.
— M. Schlegel in Gross-Lichterfelde.
— Dr. Schönach in Innsbruck, Universitätsstrasse.
Hr. Prof. Dr. J. Scholz, S., Hasenheide 54.
— Dr. P. Scholz, NW., Friedrich Karl Ufer, Müller'sches Haus III.
— F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer in Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke in Osterode in O./Pr.
— Dr. Schulze-Berge in Bonn.
— Prof. Dr. A. Schumann, SW., Wartenburgstrasse 21.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— R. Seebold, W., Nettelbeckstrasse 25.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde.
— Dr. E. Sieg, NW., Artilleriestrasse 3.
— Dr. Werner v. Siemens, Charlottenburg, Berlinerstrasse 36.
— Wil. v. Siemens, S, Wilhelmshöhe 12.
— Prof. Dr. P. Silow in Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Magdeburgerstrasse 25.
— Prof. Dr. A. Slaby in Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, NW., Melanchtonstrasse 7.
— Prof. Dr. G. Spörer in Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
— Dr. A. Sprung, W., Winterfeldstrasse 33.
— Dr. F. M. Stapff in Weissensee, Berlinerstrasse 3.
— Dr. Steiner in Erlangen.
— Dr. K. Strecker, W., Bülowstrasse 51.
— Prof. Dr. F. Stenger in Dresden.
— R. Süring, N., Rosenthalerstrasse 50.
— Dr. M. Thiesen in Charlottenburg, Berlinerstrasse 22b.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Prof. Dr. J. Tyndall in London, Albemarlestreet 22.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.

Hr. Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. H. C. Vogel in Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, W., Kurfürstenstrasse 124.
— Dr. E. Wagner, NW., Lübeckerstrasse 34.
— Prof. Dr. E. Warburg in Freiburg i. Br.
— Prof. Dr. A. Wangerin in Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Prof. Dr. H. F. Weber in Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber in Kiel.
— Dr. Wedding, W., Lützowplatz 10.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich-Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
Hr. Dr. E. Weinnoldt, W., Lutherstrasse 53.
— Dr. B. Weinstein, SW., Gneisenaustrasse 25.
— Dr. K. Wesendonck, W., Hitzigstrasse 3.
— F. Wiebe, W., Burggrafenstrasse 8.
— Dr. E. Wiechert in Königsberg i. Pr., Börsenstrasse 15.
— Prof. Dr. G. Wiedemann in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen.
— Dr. J. Wilsing in Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
— Dr. W. Wolff in Spandau.
— Prof. Dr. J. Worpitzky, SW., Belle Alliance-Platz 7.
— Prof. Dr. A. Wüllner in Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstr. 23.
— Dr. v. Zahn in Leipzig.